



**Design de produtos com reciclagem PET.
A problemática dos plásticos.**

Flávia Daniela Rocha Freixa

Dissertação submetida para a obtenção do grau
de Mestre em Design Industrial e de Produto

Orientadora

Doutora Bárbara Rangel

Professora Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-orientador

Doutor Jorge Lino

Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Setembro 2016

O JÚRI

PRESIDENTE

Doutor Rui Mendonça

PROFESSOR AUXILIAR DA FACULDADE DE BELAS ARTES DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ORIENTADOR

Doutora Bárbara Rangel

PROFESSORA AUXILIAR DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ARGUENTE

Doutor Júlio César Viana

PROFESSOR ASSOCIADO DA UNIVERSIDADE DO MINHO

17

25.11.2016

MESTRE Flávia Freixa

MDIP/26

Aos meus Pais e Irmão.

“Depois de fazermos a nossa
higiene matinal, temos de tratar
cuidadosamente da
higiene do planeta.”
Antoine de Saint – Exupéry

Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora Professora Doutora Bárbara Rangel pelo apoio e atenção.

Ao meu co-orientador Professor Doutor Jorge Lino pela sua disponibilidade, apoio no desenvolvimento prático desde trabalho e motivação.

A todos os professores deste mestrado.

Ao INEGI, ao Senhor Sertório, ao Engenheiro Santiago Villa, pela ajuda na construção do molde em silicone e dos botões.

À empresa Ecoibéria pela simpatia com que me receberam e pelo fornecimento do material plástico PET.

Ao senhor Alcides e Joaquim pelo auxílio na construção dos moldes em gesso.

À empresa Designar pela ajuda na conceção dos colares.

Em especial aos meus pais e ao meu irmão, bem como a toda a minha família.

Aos meus melhores amigos e a todas as pessoas que me apoiaram.

Resumo

Atualmente, a indústria dos plásticos tem vindo a tornar-se numa das grandes problemáticas no mundo em torno da poluição ambiental, devido às várias toneladas de lixo e desperdícios que se deitam fora todos os dias.

O PET (Politereftalato de Etileno) é um dos polímeros mais utilizados, em diversas aplicações tais como as garrafas de água.

Devido ao enorme consumismo é difícil a sua eliminação, o que despertou interesse para criar o maior número possível de alternativas para a reciclagem e reaproveitamento dos inúmeros plásticos usados que se acumulam.

A utilização deste material num objeto pressupõe de certa forma uma determinada atitude, nomeadamente a perceção ou interiorização de que o indivíduo está a contribuir para um mundo com menos lixo, mais sustentável.

O presente trabalho de investigação fala sobre a capacidade que o Design, enquanto criador de ideias e processos, terá para ser capaz de reconverter em matéria-prima o desperdício de plástico gerado nas cidades.

Este trabalho de investigação pretendeu desenvolver soluções de Design de produtos com reciclagem PET em parceria com uma empresa de reconversão industrial de material plástico (PET), *Ecoibéria*. Foi realizado um estudo para alcançar um processo de fabrico considerando esta matéria-prima, bem como outros materiais que possam facilitar no processo de industrialização. Como demonstração, foram desenvolvidos alguns produtos decorrentes deste processo industrial que permitiram impulsionar o fabrico de havaianas, botões e colares.

Palavras-chave: Design, PET, Plástico, Reciclagem, Sustentabilidade.

Abstract

Nowadays, plastic industry has become one of the main problems in the world concerning environmental pollution, due to the several tons of rubbish and waste that are thrown away everyday.

PET (Polyethylene Terephthalate) is one of the most used polymers in several applications, such as bottles of water. Due to this big consumption, its elimination is very difficult, which aroused interest in creating the biggest number of alternatives to recycle and reuse of the numerous used plastics that are being accumulated.

The use of this material in an object assumes, in a certain way, a determined attitude, namely the perception or interiorization that the individual is contributing to a more sustainable world with less waste.

The objective of the present work of investigation is to explore the ability of Design, as an ideas and processes creator, has to be able to reconvert in raw material the plastic waste generated in cities.

This research work intended to develop Design solutions of products with recycling PET in partnership with an industrial plastic (PET) reversion company, *Ecoibéria*. A study was made to achieve a fabrication process considering this raw material, as well as other materials that may simplify the process of industrialization. To demonstrate this, some products were developed through this industrial process. They could allow boosting the manufacture of Havaianas, buttons and necklaces.

Keywords: Design, PET, Plastic, Recycling, Sustainability.

Índice

Agradecimentos.....	VII
Resumo.....	IX
Abstract.....	XI
Índice de Figuras.....	XV
Índice de Tabelas	XIX
Abreviaturas, acrónimos e siglas	XXI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento do tema.....	1
1.2 Objetivos e Metodologia	2
1.3 Estrutura da dissertação	4
2. À DESCOBERTA DOS POLÍMEROS	5
2.1 O Plástico	6
2.1.1 Origem e marcos da história do plástico.....	6
2.1.2 Identificação dos plásticos	7
2.2. Tipos e caraterísticas de materiais poliméricos.....	8
2.3 Processos de fabrico de polímeros	9
2.3.1 Injeção	10
2.3.2 Extrusão	10
2.3.3 Moldação por sopro	11
2.3.4 Termoformação	12
2.3.5 Moldação rotacional	12
2.3.6 Moldação por compressão.....	13
2.4 Reciclagem e processos dos polímeros	14
2.4.1 Reciclagem mecânica	17
2.4.2 Reciclagem química	17
2.4.3 Reciclagem energética	18
2.5 Design, usos e impactos na sociedade.....	18
2.6 Design, sustentabilidade, Eco Design	20
2.7 Cradle to Cradle.....	22
2.8 Avaliação do ciclo de vida e a hierarquia dos resíduos	23
2.9 Reciclagem de plástico em produtos de Design.....	24
2.10 Embalagens, produção, ambiente.....	28

3. POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET)	31
3.1 O que é o PET?.....	32
3.2 Processos de transformação de PET	34
3.3 Reciclagem do PET	35
4. POLUIÇÃO COSTEIRA E MARINHA	39
4.1 Lixo Marinho.....	40
4.3 Iniciativas em Portugal.....	41
5. CASOS DE ESTUDO	45
5.1 Materiais utilizados.....	46
5.2 Fase de Experimentação.....	47
5.3 Caso de estudo 1	49
5.3.1 Processo para o molde com gesso	49
5.3.2 Teste à dureza do material	54
5.3.3 Processo para o molde de silicone.....	56
5.3.4 Protótipos Havaianas.....	59
5.4 Caso de estudo 2.....	62
5.4.1 Processo para o protótipo de Botões	62
5.4.2 Protótipos Botões	68
5.5 Caso de estudo 3	74
5.5.1 Processo de fabrico para os colares	74
5.5.2 Protótipos Colares.....	78
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
6.1 Conclusões gerais	81
6.2. Perspetivas futuras.....	82
BIBLIOGRAFIA	83
ANEXO A – Categorias do Lixo Marinho.....	87
ANEXO B – Ficha técnica do PE.....	89

Índice de Figuras

Fig. 1 Esquema da metodologia.....	3
Fig. 2 Identificação dos plásticos (adaptado de ASTM D7611).....	8
Fig. 3 Ciclo térmico dos termoplásticos (Silva, Alves, e Marques 2013).	8
Fig. 4 Processo de injeção (adaptado de Thompson 2011).....	10
Fig. 5 Esquema da extrusão de plástico (adaptado de Thompson 2011).	11
Fig. 6 Moldação por sopro (adaptado de Thompson 2011).	11
Fig. 7 Processo de termoformação (adaptado de Thompson 2011).	12
Fig. 8 Processo Rotacional (adaptado de Thompson 2011).....	13
Fig. 9 Processo de compressão (adaptado de Thompson 2011).	14
Fig. 10 Taxas de reciclagem, de recuperação de energia e aterro por país de embalagens de plástico em 2014 (adaptado de Plastic Europe 2015).	15
Fig. 11 Reciclagem, energia recuperada e aterro em 2014 (adaptado de Plastic Europe 2015).	15
Fig. 12 Processo de reciclagem mecânica.....	17
Fig. 13 Cradle to cradle (MBDC 2013).	22
Fig. 14 Hierarquia de resíduos da empresa Lipor segundo as linhas da EU (LIPOR 2009).	23
Fig. 15: Everything You Buy Is Rubbish.	25
Fig. 16 Müll Senior Project.....	25
Fig. 17 MP Series.....	25
Fig. 18 50% Sawdust	26
Fig. 19 PETlamp	26
Fig. 20 "X-Parley"	26
Fig. 21 EcoDeck.....	27
Fig. 22 The new raw	27
Fig. 23 Sea Chair.....	27
Fig. 24 G-Star Raw	28
Fig. 25 Precious Plastic.....	28
Fig. 26 Composição do PET (EFBW (European Federation of Bottled Waters) 2013). 32	
Fig. 27 Número 1 (PET).	33
Fig. 28 Taxa de reciclagem e utilização de PET (Khoonkari et al. 2015)	35
Fig. 29 Percurso de contaminação durante a reciclagem (adaptado de Geueke 2015)... 37	

Fig. 30 Quatro mapas para a contagem e densidade de peso de partículas de plástico (Eriksen et al. 2014).	41
Fig. 31 Limpeza na Praia da Cruz Quebrada.	42
Fig. 32 Participantes no dia Mundial da Limpeza nas Praias.	42
Fig. 33 Top 10 do lixo marinho em %.	43
Fig. 34 Mapa conceptual.	46
Fig. 35 Matéria-prima.	47
Fig. 36 Experiências com aditivos: A) PE com cera de abelha; B) PET com glicerina; C) PE com glicerina.	48
Fig. 37 Experiência com PET Verde: A) granulado; B) Aquecimento; C) Resultado 1; D) Resultado 2.	48
Fig. 38 Granulado PE aquecido: A, B, C.	49
Fig. 39 Exp.1: A) Molde de madeira (270x190x10 mm), B) Mix PE.	50
Fig. 40 Molde em gesso: A) Tiras de argila; B) Chaves de encaixe; C) Gesso; D) Tasselos; E) Vazamento.	50
Fig. 41 Exp. 4: A) Parte inferior; B) Parte Superior.	52
Fig. 42 Exp.5: A) Parte inferior; B) Parte Superior.	53
Fig. 43 PE com silicone: perspectiva.	53
Fig. 44 Exp. 7: A) Parte superior; B) Parte inferior.	54
Fig. 45 Testes à dureza do material: A) durómetro; B) shore D; C) shore A.	54
Fig. 46 Pontos de medição de dureza: Parte superior e inferior.	55
Fig. 47 A) 3d; B e C) Protótipo por processo aditivo; D) molde.	56
Fig. 48 A) Peça 3D; B) Vazamento do silicone; C e D) Camara de vácuo com molde inclinado.	57
Fig. 49 Molde de Silicone (220x120x40 mm).	57
Fig. 50 Sola de borracha com 170x70x4 mm.	58
Fig. 51 Protótipo havaiana azul: A) Parte superior; B) Parte inferior.	59
Fig. 52 Protótipo havaiana azul com vista de topo.	59
Fig. 53 Protótipo havaiana azul em perspectiva (sola: 4 mm, mistura: 4 mm).	60
Fig. 54 Protótipo havaiana amarelo: A) parte superior; B) Parte inferior.	60
Fig. 55 Protótipo havaiana amarelo vista de topo.	61
Fig. 56 Protótipo havaiana amarelo perspectiva.	61
Fig. 57 A) Prensa para prensagem uniaxial; B) Amostra com PET Azul.	62
Fig. 58 Forno de tratamentos térmicos (T.max:1200°C), Termolab.	63

Fig. 59 Moldes de aço tratado: A) Cilindro exterior; B) Cilindro Interior; C) Base.	63
Fig. 60 Ejeção da peça: A) Perspetiva; B) Topo.....	64
Fig. 61 Resultado de duas experiências após o arrefecimento com PET Azul: A) vista de topo; B) vista frontal.	64
Fig. 62 Resultado após o arrefecimento com PET Verde: A) vista frontal; B) Vista de Topo.	65
Fig. 63 Resultado após o arrefecimento com PE: Vista de topo.....	65
Fig. 64 Resultados do PE.....	65
Fig. 65 A) Compressão equivalente de 80 kg; B) Resultado.....	66
Fig. 66 Resultados após o corte.	66
Fig. 67 Interior com partículas de PET.....	67
Fig. 68 Torno Mecânico do INEGI.....	68
Fig. 69 Processo de Fabrico para Botões A, B e C.....	69
Fig. 70 Máquina CNC para finalização do botão.	69
Fig. 71 Botão com PET Verde.....	70
Fig. 72 Botão PET reciclado.....	70
Fig. 73 Botão com PE.....	71
Fig. 74 Botão PE reciclado.	71
Fig. 75 Tela com botão PET Verde.	72
Fig. 76 Tela com botão PE.....	72
Fig. 77 Resultados das bolsas com os botões.	72
Fig. 78 Colar com PET Verde.....	73
Fig. 79 Colar com PE.....	73
Fig. 80 PLA.....	74
Fig. 81 PLA derretido.	75
Fig. 82 Molde de silicone com quadrados de 10x10 mm.	75
Fig. 83 A) Exp.1; B) Exp.2; C) Exp.3.	76
Fig. 84 Exp.4: PET Verde.....	76
Fig. 85 A e B) Exp.5; PE com PLA transparente.	76
Fig. 86 Experiências com PLA: A)Exp.7; B)Exp.8; C)Exp.8; D)Exp.9	77
Fig. 87 Corte por CNC.....	78
Fig. 88 Resultados do corte.....	78
Fig. 89 Resultados: Colares.	79
Fig. 90 Folha.	79

Fig. 91 Letra F.....	80
Fig. 92 Cubo.	80
Fig. 93 Lixo em praia portuguesa.	81

Índice de Tabelas

Tabela 1 Marcos da história dos plásticos (adaptado de Martinho e Rodrigues 2007; Abiplast 2015).....	7
Tabela 2 Categorias e uso de materiais plásticos (Papanek 1995).....	19
Tabela 3 Propriedades gerais do PET (adaptado de CESEdupack 2016).....	32
Tabela 4 Propriedades do PE (CESEdupack 2016).	37
Tabela 5 Dados recolhidos no TOP 10 por valores unitários.	43
Tabela 6 Propriedades do Silicone (CESEdupack 2016).....	51
Tabela 7 Dureza medida nos pontos assinalados na figura 46.....	55
Tabela 8 Experiências com botões.....	67
Tabela 9 Propriedades do PLA (CESEdupack 2016).	74
Tabela 10 Resultados obtidos com PLA.....	77

Abreviaturas, acrónimos e siglas

ACV- avaliação do ciclo de vida

APLM - Associação Portuguesa do Lixo Marinho

HDPE - polietileno de alta densidade

INEGI - Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

FBAUP – Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

LDPE - polietileno de baixa densidade

PE - polietileno

PET - politereftalato de etileno

PLA - ácido poliláctico

PP – polipropileno

PS – poliestireno

RI – resíduos industriais

RIC – código de identificação de resina

RH – Resíduos hospitalares

RSU – resíduos sólidos urbanos

SIGRE – sistema integrado de gestão de resíduos de embalagens

SPI - sociedade da indústria do plástico

SPV – sociedade ponto verde

V – cloreto de polivinilo

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema

O plástico é um material durável e, hoje em dia, imaginar uma sociedade sem plástico é difícil. Este material tem sido aplicado na indústria, na embalagem de alimentos e também na medicina (Lima 2014).

Assistindo a uma realidade cada vez mais consumista, onde todos os dias nos deparamos, seja a comprar objetos úteis ou outros apenas pela sua estética, por vezes, sem pensarmos no impacto que esse produto pode gerar no ambiente ou na nossa saúde, é preocupante, sabendo que o plástico leva anos e anos para se decompor:

“Calcula-se que uma garrafa de plástico deitada fora se conserve por cá entre duzentos e quatrocentos anos” (Papanek 1995, 42).

A poluição de plástico é uma preocupação ambiental que tem vindo a crescer a nível do lixo marinho, com a rápida produção industrial e o volume de resíduos que entram no ambiente marinho, levando a determinadas consequências, especialmente para várias espécies em perigo de extinção (Wilcox et al. 2016).

Esta poluição está distribuída de uma forma global por todos os oceanos devido às suas propriedades de leveza e durabilidade; a absorção de substâncias tóxicas ligadas ao plástico levou investigadores a afirmar que os polímeros nos oceanos são resíduos perigosos (Eriksen et al. 2014).

Além da poluição que está visível, existem outros impactos associados nos ecossistemas e biodiversidade como na vida das pessoas e sociedade. Por exemplo, nas zonas costeiras, praias, rios e mares chegam todos os dias materiais poluentes como o plástico, colocando em perigo os animais que ingerem essa matéria ao invés de alimento (APLM (Associação Portuguesa do Lixo Marinho) 2014).

Parece impossível retirarmos todo o plástico existente nos oceanos, pois o plástico no mar é difícil de limpar de uma forma eficiente. Quanto mais pequenas forem as partículas de plástico, mais difícil é para as limpar, mas qualquer partícula que seja limpa é sempre significativa (Plastic Soup (Foundation) 2016).

Este trabalho procura encontrar soluções para a problemática da poluição dos plásticos, nomeadamente através do reaproveitamento do plástico PET (Politereftalato de Etileno), em produtos de Design já existentes ou na criação de novos produtos em parceria com a empresa Ecoibéria – Reciclados Ibéricos, S.A; empresa da região norte, especializada na reciclagem de resíduos plásticos e única exportadora de PET Flakes em Portugal.

1.2 Objetivos e Metodologia

Os principais objetivos propostos para esta dissertação residem em:

- analisar a definição do problema: o plástico;
- compreender os impactos ecológicos;
- procurar soluções que reduzam o lixo marinho;
- estudar e compreender de que modo poderá o plástico PET (FLAKES) ser aplicado em diversos produtos de design, provenientes da reciclagem de embalagens usadas;
- encontrar novas soluções para o desperdício de plástico e explorar as capacidades do EcoDesign e sustentabilidade;
- estudar os processos de fabrico dos plásticos e do plástico PET;
- reduzir, reutilizar, reciclar.

A metodologia adotada no presente trabalho consistiu na definição da problemática em estudo, identificação da matéria-prima e dos seus modos de processamento, e realização do trabalho experimental que conduziu ao desenvolvimento de novos produtos de Design, conforme ilustra a figura 1.

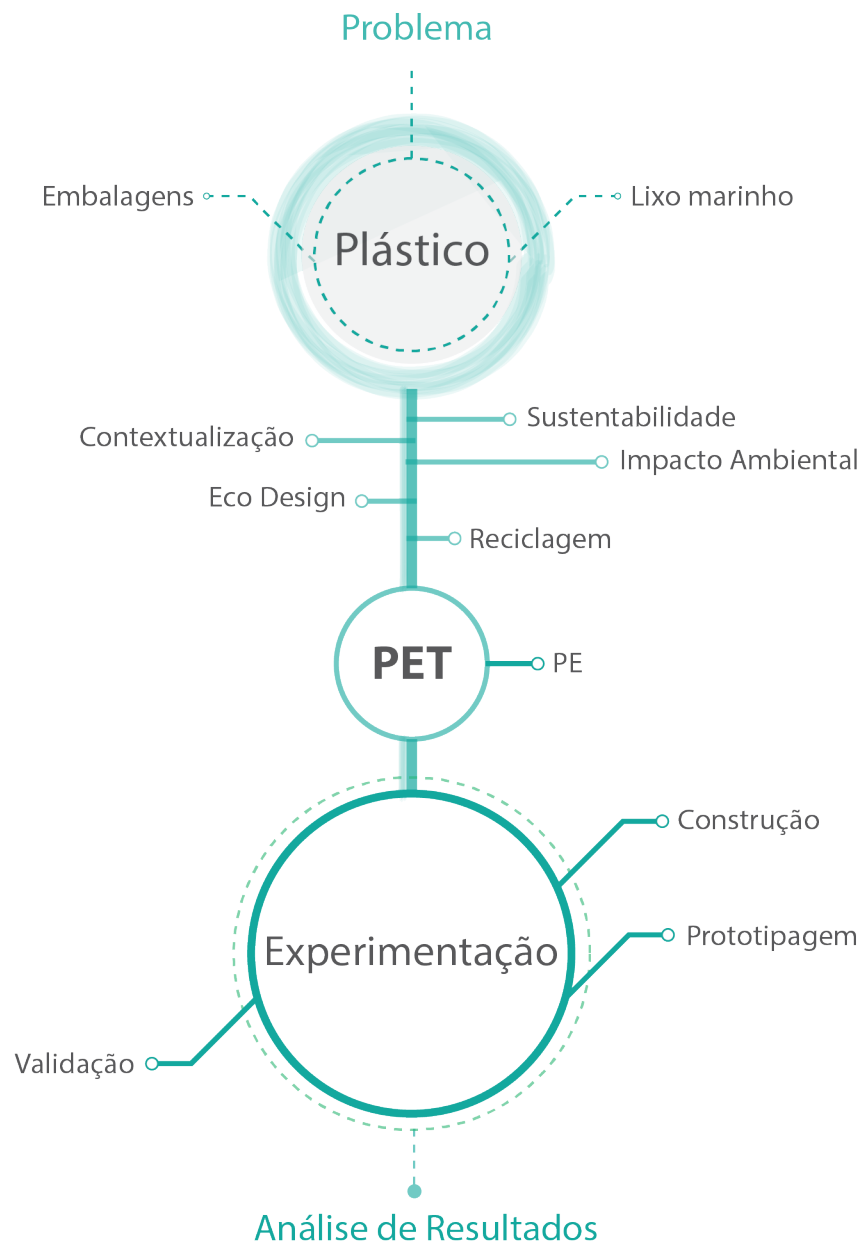


Fig. 1 Esquema da metodologia.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. No seguimento desta introdução, o segundo capítulo apresenta uma revisão pormenorizada do aparecimento do plástico na sociedade. São ainda apresentados o *design sustentável*, o *eco design*, os materiais plásticos existentes e os processos de fabrico. Ainda neste capítulo é feito o levantamento de produtos já feitos a partir dos vários tipos de plástico.

No terceiro capítulo é dada maior ênfase às características particulares de fabrico e processamento do plástico PET, bem como à sua reciclagem.

O quarto capítulo alerta para a problemática do lixo marinho e a situação nos oceanos, e menciona as iniciativas de mitigação da poluição do plástico em Portugal.

O quinto capítulo apresenta o caso de estudo, desde o desenvolvimento das experiências realizadas e dos produtos até à obtenção do protótipo final.

Por último, no capítulo 6 é feita uma análise conclusiva de todo o trabalho desenvolvido e apresentadas as perspetivas futuras.

2. À DESCOBERTA DOS POLÍMEROS



2.1 O Plástico

O termo “plástico” tem origem do grego *plastikós*. O material plástico caracteriza-se por ser fácil de moldar durante a produção, pelo efeito de calor ou pressão (Ferrão, Ribeiro, e Silva 2005). A primeira definição de plástico surge em 1952, associada a uma matéria sintética de reprodução. Atualmente, os materiais plásticos são aplicados praticamente em toda a indústria que, devido às suas características, processos e aplicações, bem como ao ritmo a que se têm desenvolvido, destacam-se de outros materiais (Martinho e Rodrigues 2007).

2.1.1 Origem e marcos da história do plástico

A história do plástico começou com a celulose. Durante o século XIX, alguns químicos descobriram outras substâncias a partir da celulose vegetal (Martinho e Rodrigues 2007). Parkes (1813), ao estudar o nitrato de celulose, obteve um novo material, sólido, plástico, fluido, resistente, opaco e flexível. Este material foi patenteado em 1861 e designado por “Parkesine”, podendo considerar-se o antecessor da matéria plástica (Martinho e Rodrigues 2007).

Hyatt teve conhecimento de um concurso lançado pela empresa *Phelan and Collander* que atribuía um prémio de dez mil dólares a quem desenvolvesse um material que pudesse substituir o marfim. Por volta do ano 1869, o mesmo autor obteve sucesso com uma substância de nitrato de celulose, onde criou a celuloide (Martinho e Rodrigues 2007). Depois destas descobertas pioneiras seguiram-se outros autores que deram origem a novas matérias plásticas, também mencionadas em Martinho e Rodrigues (2007).

A tabela 1 apresenta uma breve cronologia das principais referências ligadas ao aparecimento e ao desenvolvimento dos plásticos (Martinho e Rodrigues 2007).

Tabela 1 Marcos da história dos plásticos (adaptado de Martinho e Rodrigues 2007; Abiplast 2015).

1930's	1939 A II Guerra Mundial acelera o desenvolvimento de artigos de plástico como canteens e loiça.	1939 Estreia das meias de Nylon na Feira Mundial, para mais tarde criarem nos EUA a crise das meias dos anos 40.
1940's	1940 O Saran é usado para fazer suspensórios. A meio dos anos 50 eram vendidos nos EUA 5 milhões de rolos.	1946 Earl S. Tupper produz um copo de PE com 198 gramas, o primeiro artigo da Tupperware Home Parties
1950's	1950 Primeiras embalagens de plástico	1955 O corvete é o primeiro carro a usar plástico para os painéis laterais.
1960's	1964 A Pietá de Miguelângelo é protegida com plástico para o transporte para a feira Mundial de 1964 em Nova Iorque.	1969 O homem e os plásticos aterram na lua.
1970's	1976 Ficam disponíveis para o consumidor loiça de plástico para o microondas.	1979 Os sacos de plástico tipo T-shirt são introduzidos no mercado com sucesso.
1980's	1982 O dr. Robert Jarvik desenvolve o primeiro coração de plástico feito principalmente com plásticos.	1983 Os fornos de microondas abrem um novo mercado para as embalagens de plástico.
1990's	1991 A Coca Cola e a Hoechst-Celanese introduzem a primeira garrafa de refrigerante contendo plástico reciclado.	1991 Nos EUA existem cerca de 1876 programas de reciclagem porta-a-porta que aceitam plástico, sobretudo PET.
2000's	2001 Ipod idealizado por Tony Fadell é desenvolvido pela Apple.	2008 Airbus 380 construído em plástico reforçado com 22% de fibra de carbono.
2010's	2012 Partes do corpo impressas em 3D com materiais plásticos (PMMA).	2012 Telas plásticas flexíveis, diodos orgânicos emissores de luz são colocados numa folha plástica.

2.1.2 Identificação dos plásticos

Existem normas específicas quanto ao dimensionamento adequado e posicionamento do RIC (Resin Identification Code) nos recipientes. O código deve ser colocado sobre o produto manufaturado e permite realizar o controlo de qualidade antes da reciclagem, bem como facilitar na recuperação de outros plásticos que não foram recolhidos para a reciclagem (SPI 2015).

A norma ASTM D7611 distingue os tipos de plástico numerados de um a sete para identificar o tipo de plástico utilizado na embalagem dos produtos com um símbolo em forma de triângulo: 1) politereftalato de etileno (PET); 2) polietileno de alta densidade (HDPE); 3) cloreto de polivinilo (V); 4) polietileno de baixa densidade (LDPE); 5) polipropileno (PP); 6) poliestireno (PS); e 7) outros materiais plásticos (Figura 2).



Fig. 2 Identificação dos plásticos (adaptado de ASTM D7611).

2.2. Tipos e características de materiais poliméricos

A palavra “polímero” tem origem do grego *polymerés*. Um material polimérico é constituído por inúmeros átomos, nomeadamente carbono, hidrogénio e outros elementos não metálicos, ligados quimicamente entre si e, dependendo do modo como estão ligados, podem ser divididos em duas classes: termoplásticos e termoendurecíveis (Smith 1998). Os plásticos pertencem à família dos polímeros. As propriedades mecânicas dos polímeros diferem bastante das dos metais, sendo menos rígidos e resistentes, suscetíveis a alterações com o aumento da temperatura devido à sua ductilidade (Silva, Alves, e Marques 2013).

Os termoplásticos são polímeros que podem ser fundidos pela aplicação de calor, são bons isolantes térmicos, elétricos e magnéticos, bem como, também, resistentes ao impacto e de baixo custo (Figura 3). Alguns exemplos de termoplásticos são: PP, PE, PET e PVC (Spinacé e Paoli 2005).



Fig. 3 Ciclo térmico dos termoplásticos (Silva, Alves, e Marques 2013).

A estrutura molecular dos termoplásticos divide-se em semicristalina e amorfa. A estrutura molecular cristalina caracteriza-se por um arranjo regular das suas moléculas, como é o polietileno. Os plásticos cristalizados possuem uma excelente resistência química, são normalmente translúcidos ou opacos embora possam ser transparentes através de modificação química. Geralmente, têm elevada resistência e elevados pontos de amolecimento. Estes requerem um maior controlo da temperatura e do tempo de processamento comparativamente com os amorfos (Rosato e Rosato 2003).

Os termoplásticos amorfos não possuem uma estrutura cristalina nem pontos de fusão bem definidos, apresentando correntemente um aspeto vítreo e transparente (Rosato e Rosato 2003).

Estes materiais são designados por polímeros lineares e amaciam quando são aquecidos, uma vez que existe uma rotura das ligações secundárias, permitindo que o material se comporte como um líquido viscoso. Estas ligações são destruídas pelo calor dependendo do tipo de termoplástico e da duração e exposição ao calor, variando consoante as temperaturas de fusão e viscosidade dos mesmos (Silva, Alves, e Marques 2013).

Os termoplásticos amorfos não são usados a temperaturas superiores à temperatura de transição vítrea, enquanto os plásticos parcialmente cristalinos podem ser usados entre a temperatura vítrea e a temperatura de fusão.

A principal diferença entre o comportamento de termoplásticos parcialmente cristalinos e amorfos, devido às variações da temperatura ambiente, consiste nas variações de volume e na maior quantidade de energia necessária para os materiais cristalinos (Silva, Alves, e Marques 2013)

Os termoendurecíveis, por sua vez, são plásticos com características insolúveis, possuem resistência a elevadas temperatura e estabilidade dimensional. Estes não são recicláveis uma vez que não são fundíveis quando reaquecidos embora possam ser triturados e usados como enchimento de outros plásticos termoendurecíveis ou termoplásticos (Rosato e Rosato 2003)

2.3 Processos de fabrico de polímeros

Os processos de fabrico dos termoplásticos podem ser feitos por injeção, extrusão, moldação por sopro, termoformação, moldação rotacional e moldação por compressão.

2.3.1 Injeção

A moldação por injeção de polímeros permite obter peças complexas, de elevada precisão e de dimensões variadas. Permite a obtenção de acabamentos suaves e com diversas cores, sendo um dos processos mais importantes no fabrico de produtos com termoplásticos. Os granulados do polímero são introduzidos com a ajuda de uma tremonha num tubo, onde são, em simultâneo, aquecidos, mexidos e encaminhados para o molde através de um parafuso sem-fim. Depois o polímero é arrefecido até solidificar e o molde é aberto para ser retirada a peça, Figura 4 (Thompson 2007).

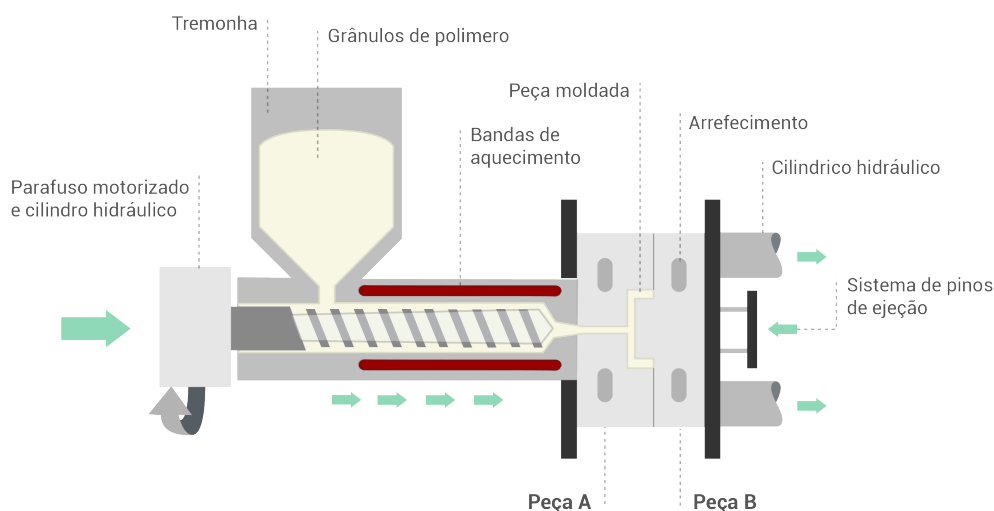


Fig. 4 Processo de injeção (adaptado de Thompson 2011).

2.3.2 Extrusão

A extrusão é um processo contínuo, bastante semelhante à moldação por injeção (referida acima). Os granulados de polímero são introduzidos através de uma tremonha num tubo onde são simultaneamente aquecidos, mexidos e conduzidos para uma fieira por rotação do parafuso de Arquimedes (Figura 5). O plástico derretido é forçado a atravessar a fieira a alta pressão e tanques de água selada que arrefece e solidifica o polímero (Thompson 2007).

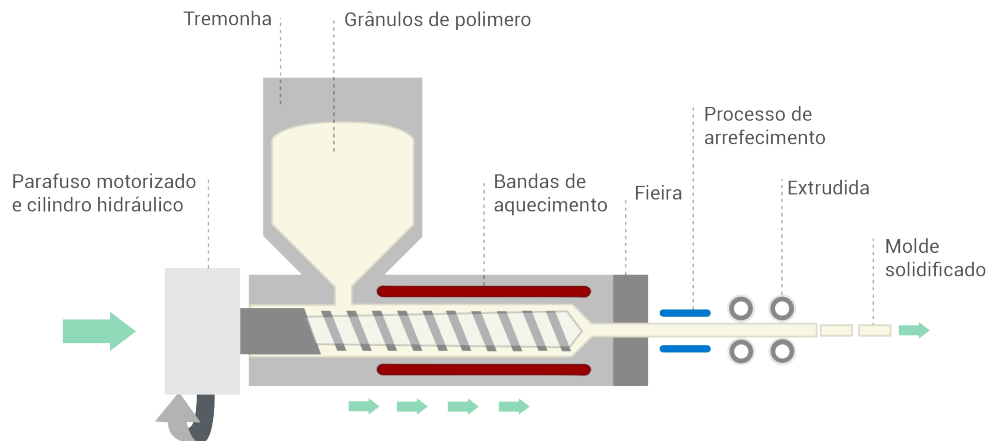


Fig. 5 Esquema da extrusão de plástico (adaptado de Thompson 2011).

2.3.3 Moldação por sopro

O processo por moldação por sopro está esquematizado na figura 6. Este processo é favorável a várias aplicações dado os poucos recursos e os baixos custos associados. Trata-se de um processo versátil que pode ser usado na produção de uma grande variedade de formas, como a produção de garrafas de água de PET (Thompson 2007).

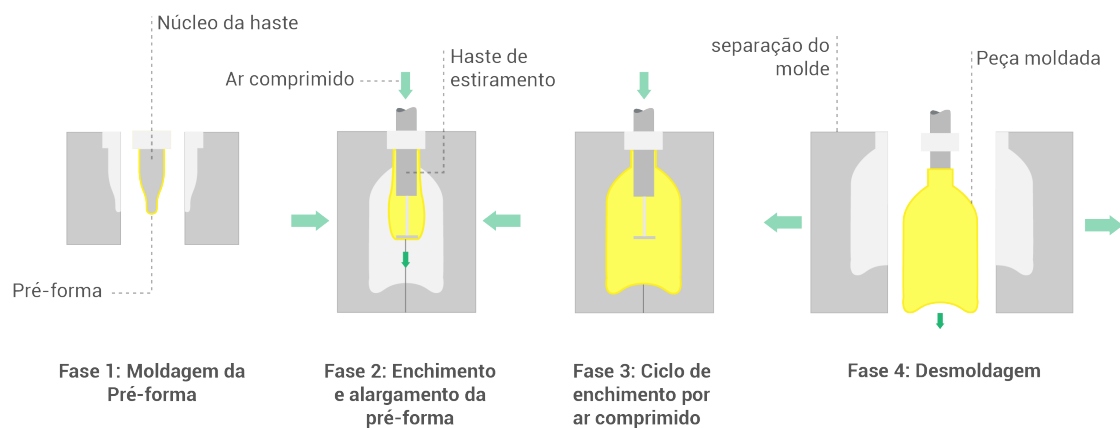


Fig. 6 Moldação por sopro (adaptado de Thompson 2011).

2.3.4 Termoformação

Neste processo, uma chapa de material é aquecida acima da temperatura de transição vítrea (ou perto da fusão) e depois moldada para a sua forma final, por aplicação de vácuo (Figura 7). Depois de arrefecida, a peça é finalmente extraída do molde (Thompson 2011).

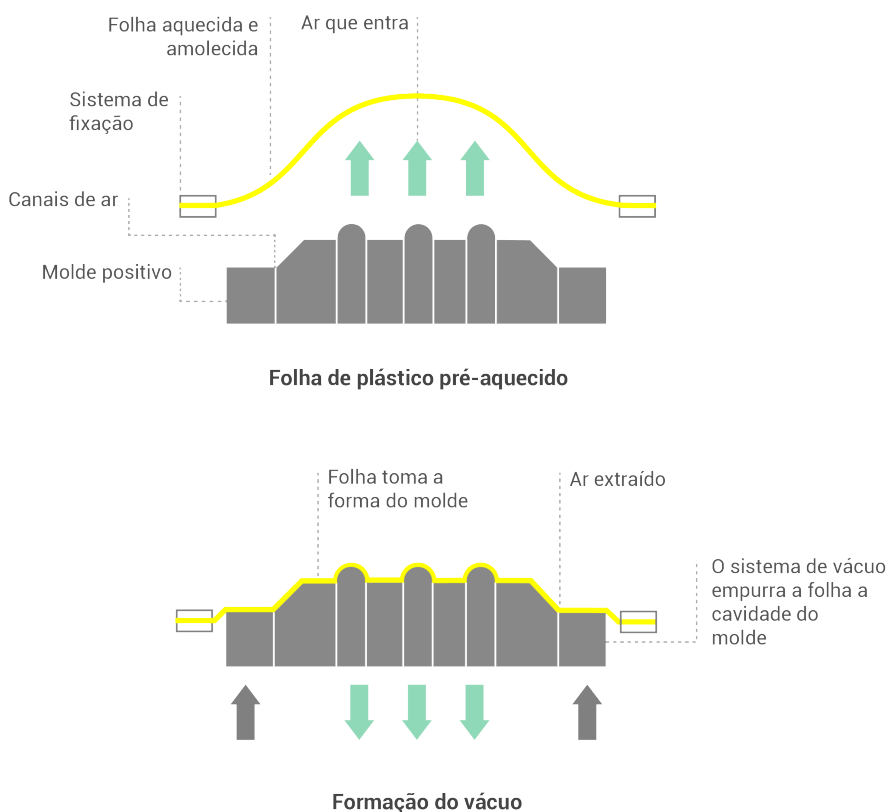


Fig. 7 Processo de termoformação (adaptado de Thompson 2011).

2.3.5 Moldação rotacional

A moldagem por rotação produz peças ocas tridimensionais, de vários tamanhos e normalmente de espessura constante. Uma determinada quantidade de pó de polímero é colocada no molde de forma uniforme, depois é fechado, fixado e rodado dentro de uma câmara de calor que é aquecida até uma temperatura de 250°C por um período de 25 minutos (Figura 8). Um dos materiais tipicamente moldados através deste processo de fabrico é o PE (Thompson 2007).

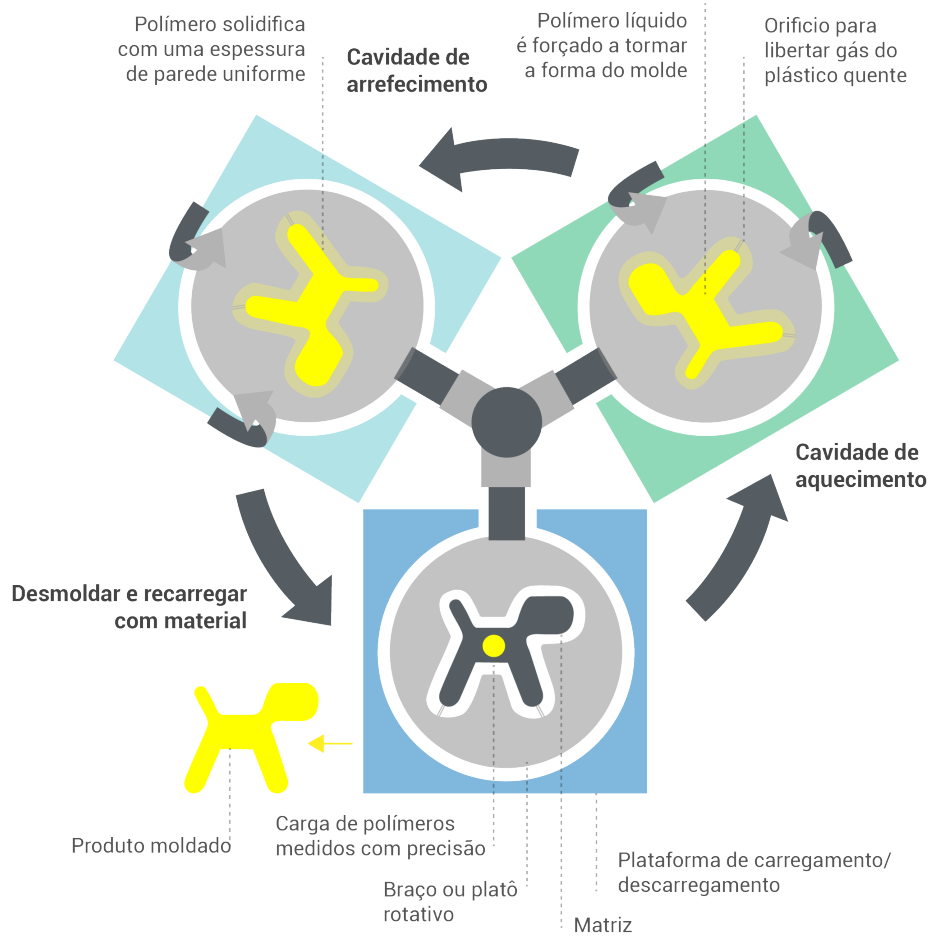


Fig. 8 Processo Rotacional (adaptado de Thompson 2011).

2.3.6 Moldação por compressão

Neste processo, o polímero é aquecido e comprimido entre duas peças (Figura 9). Algumas das vantagens deste processo dizem respeito ao baixo custo dos moldes dada a sua simplicidade, sendo mais exequível a produção de peças de grandes dimensões, e ainda ao fluxo relativamente curto do material, que reduz o desgaste e a abrasão dos moldes (Smith 1998).

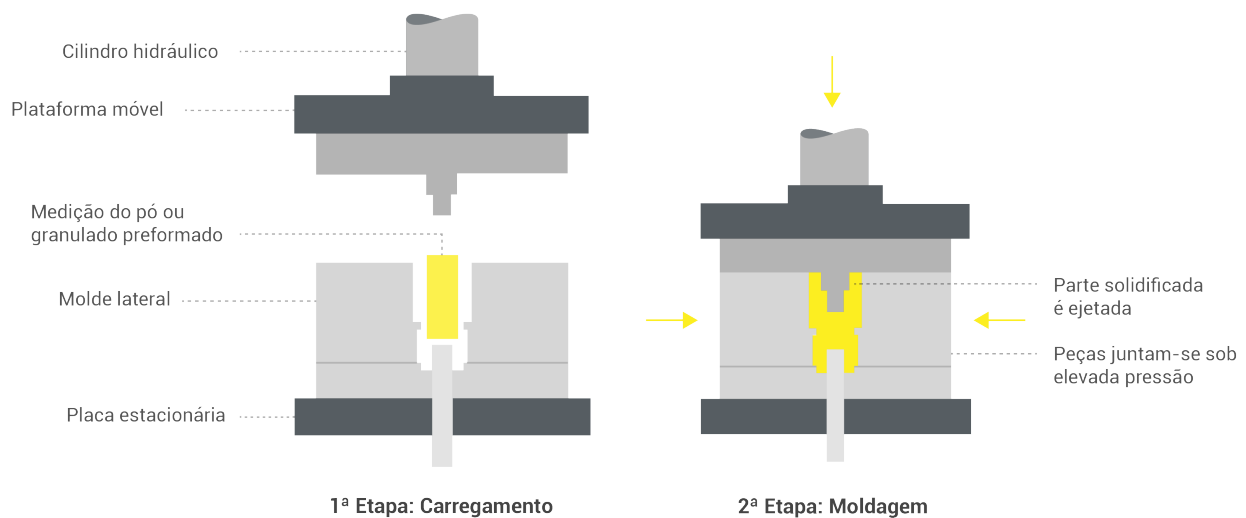


Fig. 9 Processo de compressão (adaptado de Thompson 2011).

2.4 Reciclagem e processos dos polímeros

Reciclar consiste em vários processos, nos quais um material já utilizado e deitado fora volta novamente ao ciclo de produção, onde é transformado num novo produto de consumo. Um dos grandes benefícios da reciclagem é manter os materiais fora dos aterros sanitários, promovendo, desta forma, atitudes mais ecológicas (Gomes 2011; Soares 2010).

A figura 10 apresenta as taxas de reciclagem de embalagens de plástico, de recuperação de energia e da parte que é transportada para o aterro sanitário por país europeu. Pode-se verificar que nos países como a Áustria e o Luxemburgo todo o plástico é reciclado e recuperado para energia. As percentagens, dos mesmos, estão representadas na figura 11, totalizando o valor de 25,8 milhões de toneladas de lixo pós-consumo na Europa em 2014, onde 7,7 milhões de toneladas são reciclados.



Fig. 10 Taxas de reciclagem, de recuperação de energia e aterro por país de embalagens de plástico em 2014 (adaptado de Plastic Europe 2015).

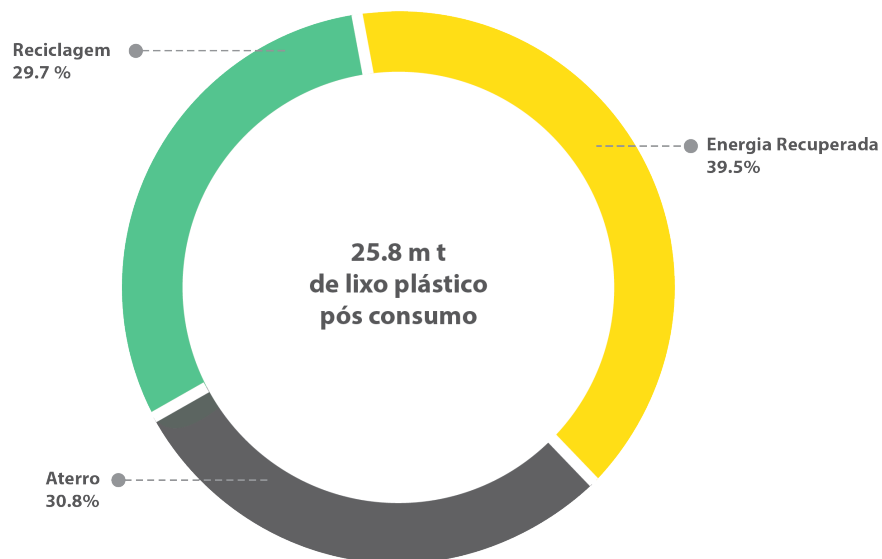


Fig. 11 Reciclagem, energia recuperada e aterro em 2014 (adaptado de Plastic Europe 2015).

As indústrias de transformação de plásticos utilizam matéria-prima reciclada nos processos de produção, resíduos vindos do setor industrial e do setor doméstico. Em Portugal existem algumas empresas dedicadas exclusivamente à reciclagem de plásticos, como as empresas *Morsenagon*, *Ambiente*, *Barnartrade* e a *Sirplaste*. A empresa mais antiga é a *Sirplaste*, fundada em 1974, sendo a primeira fábrica portuguesa a dedicar-se à reciclagem de plástico (Martinho e Rodrigues 2007). Dos polímeros, o PET é o que é mais reciclado num curto período de tempo da sua existência (Spinacé e Paoli 2005). Depois de feita a reciclagem podem ser produzidos inúmeros produtos dessa matéria-prima reciclada. A diferença de densidade entre os vários tipos de polímeros é importante na separação mecânica e na reciclagem dos plásticos (Franchetti e Marconato 2003). Os processos de reciclagem de polímeros dividem-se em quatro categorias: a primária, a secundária, a terciária e a quaternária (Spinacé e Paoli 2005; Geueke 2015).

1. Reciclagem primária: consiste no reaproveitamento da matéria-prima desperdiçada de produtos, ou seja, de peças defeituosas, aparas, entre outros. A recuperação destes resíduos é efetuada na própria indústria ou por outras empresas para fazer produtos com a mesma aplicação. (Franchetti e Marconato 2003; Soares 2010).

2. Reciclagem secundária: consiste na transformação de desperdícios plásticos que podem ser reutilizados na produção de outros materiais para produtos com baixas especificações (Franchetti e Marconato 2003).

3. Reciclagem terciária ou química: consiste na transformação de resíduos plásticos em produtos químicos. Este tipo de reciclagem permite tratar misturas de plásticos e produzir plásticos novos com a mesma qualidade de um polímero virgem (Franchetti e Marconato 2003).

4. Reciclagem quaternária ou energética: consiste na recuperação de energia de resíduos plásticos por incineração controlada, utilizando os resíduos como combustível para gerar energia elétrica (Franchetti e Marconato 2003).

Os processos de reciclagem primária e secundária são também designados por reciclagem mecânica; o que diferencia os dois é que a primária utiliza resíduos pós-industriais enquanto a secundária utiliza resíduos pós-consumo (Soares 2010).

2.4.1 Reciclagem mecânica

Neste tipo de reciclagem, os resíduos plásticos passam por determinadas operações (Figura 12), sendo estas: a separação dos plásticos, a trituração, a limpeza para remoção de sujidade, a secagem, e o reprocessamento e transformação do polímero em granulado (PLASTVAL 2008; Spinacé e Paoli 2005; Soares 2010). A separação dos plásticos é feita através da sua identificação. Depois da separação, os resíduos plásticos devem ser triturados de modo a que fiquem uniformes. O plástico é lavado para remoção da sujidade e possíveis desinfetantes. A secagem do material é importante e após isso os polímeros são transformados em granulados. O processo de extrusão também pode ser utilizado para a reciclagem de polímeros (Spinacé e Paoli 2005; SPI 2015).

Para a reciclagem mecânica apenas os materiais termoplásticos têm interesse, ou seja, materiais que podem ser derretidos e transformados em novos produtos através de vários processos de moldação (Plastics Recyclers Europe 2016).

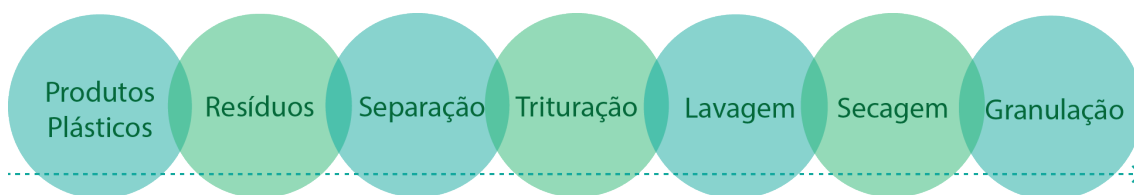


Fig. 12 Processo de reciclagem mecânica.

2.4.2 Reciclagem química

Através deste tipo de reciclagem podem produzir-se outros produtos químicos para produzir novamente o material original ou novos materiais, isto porque a reciclagem altera a estrutura química do material, permitindo desta forma a recuperação do monómero. Neste processo de reciclagem não existe uma separação dos tipos de plástico tão rigorosa como a reciclagem mecânica (PLASTVAL 2008; Soares 2010). Dos processos de reciclagem química existentes, destacam-se: hidrogenação ou liquefação, gaseificação, quimólise ou despolimerização química e pirólise.

2.4.3 Reciclagem energética

Na reciclagem energética, os resíduos sofrem um processo de incineração em condições controladas e em instalações próprias. A tecnologia utilizada neste tipo de instalações permite que sejam asseguradas emissões em conformidade com a legislação ambiental. Não existindo mais alternativas, os resíduos serão depositados em aterros sanitários (PLASTVAL 2008). O conteúdo de energia dos polímeros é alto e muito maior do que em outros materiais. Os resíduos poliméricos contidos no resíduo sólido urbano contribuem com 30% do valor calórico, permitindo a produção de eletricidade, vapor ou calor (Spinacé e Paoli 2005). A reciclagem de polímeros pode ser uma alternativa para minimizar o impacto ambiental causado pela disposição destes materiais em aterros sanitários, tema que tem vindo a tornar-se cada vez mais importante. A reciclagem enquadra-se nas políticas europeias e nacionais de gestão de resíduos, denominada de política dos 3Rs – Reduzir, Reutilizar, Reciclar (Spinacé e Paoli 2005; Soares 2010).

2.5 Design, usos e impactos na sociedade

“A Ecologia e o equilíbrio ambiental são os esteios básicos de toda a vida humana na terra; não pode haver vida nem culturas humanas sem ela. O design preocupa-se com o desenvolvimento de produtos, utensílios, máquinas, artefactos e outros dispositivos, e esta actividade exerce uma influência profunda e directa sobre a ecologia.”
(Papanek 1995, 31)

Os polímeros são considerados as grandes preocupações ambientais, pois podem demorar muitos anos para se degradar e ocupam um grande volume dos aterros sanitários. A reciclagem é, sem dúvida, uma das soluções mais viáveis para minimizar o impacto causado pelos polímeros (Spinacé e Paoli 2005).

Segundo Papanek (1995), o designer tem oito estratégias para beneficiar a ecologia no uso de materiais plásticos (Tabela 2).

Tabela 2 Categorias e uso de materiais plásticos (Papanek 1995).

Permanentes	Aplicam-se em medicina, para produtos em contacto direto com partes orgânicas, como exemplo: caixa do pacemaker do coração, veias artificiais e sacos de armazenamento de sangue.
Reutilizáveis	O produto pode ser usado sucessivamente sem se alterar. Os utensílios e o equipamento complexo podem ser reparados, melhorados no todo ou em parte para revenda.
Recicláveis	Os termoplásticos fundem a uma temperatura específica elevada e são fáceis de reciclar. Os plásticos termo-resistentes são muito difíceis de reciclar.
Co-recicláveis	Os materiais compatíveis podem ser reciclados para formar um novo material útil.
Biodesintegráveis	Foram desenvolvidas tentativas no sentido de incluir uma característica biodegradável nos polímeros sintéticos, de modo a que se transformem em matéria vegetal. Estes compostos não resultam nos aterros sanitários devido à falta de humidade; ligeiramente melhores quando em compostagem.
Biodegradáveis	São 100% biodegradáveis. O PHA (polidroxialcanoato), um membro da família do poliéster, descoberto em 1925, é “fabricado” diretamente por microorganismos. Os plásticos PHA podem ser moldados, derretidos e configurados, tal como os plásticos derivados do petróleo, e possuem a mesma flexibilidade e resistência.
Bio-regenerativos	Um tipo de película de policaprolactona que se biodegrada em três meses sem deixar resíduos.
Bioactivadores	Levam aditivos para estimular o crescimento das plantas.

A criação e o fabrico de qualquer produto está inserida em vários ciclos que causam problemas ecológicos (Papanek 1995). Quase todos os plásticos usados hoje em dia têm por base combustíveis fósseis. Por conseguinte, o seu fabrico contribui para o efeito de estufa. O maior importador de detritos plásticos provenientes dos Estados Unidos é Hong-Kong, de onde uma grande parte segue para a China. Uma das principais dificuldades reside, justamente, no facto de os plásticos não se desfazerem; estes problemas são particularmente relevantes nas ilhas (Papanek 1995).

Segundo Bonsiepe (1992), todos os designers demonstram satisfação e interesse pela temática do ambiente, pois a sua atividade dedica-se especialmente a uma parte considerável deste ambiente. Sabe-se que as consequências dos maus tratos que o homem tem infringido na natureza, só se tornam visíveis depois de muito tempo. É importante considerar que o design deve estar atento ao ambiente e à ecologia.

O autor (Bonsiepe 1992) refere que existem alguns tipos de poluição, tais como: a poluição dos terrenos agrícolas, devido ao uso de pesticidas; a poluição do solo devida ao uso de fertilizantes artificiais; a poluição da biosfera; a poluição dos rios provocada pela afluência de águas quentes que provêm das centrais nucleares de energia; a poluição causada pelas substâncias radioativas derivadas da produção de energia nuclear; a poluição da atmosfera provocada pelo uso de produtos industriais, tais como: os automóveis; a poluição de rios, lagos e mares provocada pelo afluxo de águas não depuradas provenientes dos aglomerados urbanos; e também a poluição dos veios de água provocada por instalações defeituosas ou sem os requisitos sanitários. Ainda a par destas formas de poluição ambiental existe também a poluição visual, pela qual se entende a alteração substancial da fisionomia da paisagem e a decomposição das características das cidades. Na luta contra a poluição o contributo do designer industrial pode ser de grande valor, mas a sua intervenção também é limitada.

De acordo com Bonsiepe (1992), os efeitos ecológicos dos produtos e das tecnologias devem ser estudados de forma a tomar medidas para reduzir a erosão ambiental. Os designers preocuparam-se sobretudo com as características de uso e aspeto formal (estético) dos produtos, mas de um ponto de vista ecológico raramente se questionaram; nos tempos de hoje é impossível o designer não pensar nestes aspetos.

2.6 Design, sustentabilidade, Eco Design

Depois da revolução industrial e com a larga escala de produção em massa, o design surge com o intuito de contribuir e satisfazer as necessidades humanas, deparando-se com os impactos ambientais. O design tem uma forte influência na definição dos impactos causados pelos produtos, dos recursos e processos produtivos. Surgem assim várias metodologias de design ligadas ao ambiente, todas elas partilhando do mesmo objetivo que é a minimização do impacto ambiental de um determinado produto ou processo: Design para o Ambiente (Design for Environment – DFE), Design Verde (Green Design – GD), Design com consciência ambiental (Environmentally Conscious Design – ECD) e Eco Design (Gomes 2011).

O design sustentável preocupa-se em criar produtos com o menor impacto ambiental, através da utilização de materiais ecológicos, da eficiência energética ou da reciclagem. O design sustentável refere o ciclo de vida do produto preocupando-se com os impactos do fabrico, do uso, da reciclagem e da reutilização do material. A fase mais importante é a do uso, pois cerca de 80% do impacto ambiental de um produto ocorre durante o seu

período de utilização. Vive-se, cada vez mais, numa época de transição, e onde as pessoas começam a preocupar-se mais e a ter maior consciência das consequências do seu comportamento diário. As escolhas que fazem, podem influenciar uma enorme série de acontecimentos que, podem ter um impacto positivo ou negativo no planeta e nas suas vidas (Reis 2010). Nos dias que correm, existe outro tipo de consumidor que se preocupa em conhecer detalhes que têm a ver com fatores ligados à utilização dos produtos (quanta energia consomem, que desperdícios geram, qual o tempo de vida, que materiais são usados, quais os métodos de produção e quanta energia é necessária para os produzir). Depois, quando o produto atinge o fim da sua vida útil, este mesmo consumidor quer saber se ele é feito de materiais recicláveis ou reciclados, orgânicos ou biodegradáveis, se o fabricante tem um esquema de recolha e reciclagem desse produto e se as suas práticas estão aprovadas por uma autoridade competente (Reis 2010). Com a exigência dos consumidores, o mercado começou a evoluir para o conceito hoje conhecido como *triple bottom line* (pessoas, planeta, lucro) e para a sustentabilidade (Reis 2010).

Margolin defende o conceito de “cidadão-designer”, pois o designer desempenha vários papéis chamados de matrizes de ação e que cada indivíduo tem a sua própria dimensão política e social, o design é um ato de criação e planeamento que pode resultar em produtos materiais. Em 1970, Victor Papanek, escreve sobre o livro *Design for the Real World* em que defende o desenvolvimento de um design para o indivíduo e para a comunidade e não para o mercado. Ezio Mazini, arquiteto, professor e especialista em design sustentável refere que a sustentabilidade deve procurar o desenvolvimento local, ou seja, pensado globalmente e agindo localmente, reutilizando o máximo de desperdício (Cadete 2015).

“Não temos encarado a nossa Nave Espacial Terra como uma máquina integralmente concebida que, para funcionar persistentemente bem, deve ser compreendida e conservada na sua totalidade.” (Fuller 1998, 30).

No livro *Manual de instruções para a Nave Espacial Terra*, o autor refere que a terra é como uma nave espacial onde somos consequência dos atos que fazemos (Fuller 1998). Tomás Maldonado refere que se um designer industrial é considerado um criativo solucionador de problemas e que caso pretenda continuar a sê-lo, terá de compreender as implicações sociais, económicas e culturais, assim deverá interrogar-se em que medida aquilo que está a acontecer no mundo dos produtos pode alterar os métodos e os objetivos

da sua atividade projetista, o respeito real dos novos produtos sobre o ambiente, sobre a nossa vida quotidiana, sobre as nossas relações de comunicação interpessoal, e sobre a nossa percepção da realidade exterior (Maldonado 2009).

O designer industrial tem um papel de primeiro plano no projeto de novos produtos e não deve fazer esquecer que a área de intervenção do design industrial continua a ser a que se relaciona com o processo formativo dos objetos como elementos estruturais do ambiente humano (Maldonado 2009).

2.7 Cradle to Cradle

Cradle to Cradle foi desenvolvido por McDonough e Michael Braungart (MBDC 2013). O Cradle to Cradle Products Innovation Institute é uma organização responsável pela administração do Cradle to Cradle Certified Product Standard que foi criado com o intuito de realizar uma nova revolução industrial de maneira a criar modos de enriquecer os ecossistemas, sustentabilidade, no sentido de devolver tudo à natureza sem que seja prejudicial à mesma. (C2C (Cradle to Cradle Products Innovation Institute) 2014). A ideia de C2C é eliminar o conceito de resíduo, e garantir produtos de design com ciclos de vida seguros para a natureza humana e ambiente que podem ser reutilizados através de metabolismos biológicos ou técnicos como é apresentado na figura 13 (MBDC 2013).

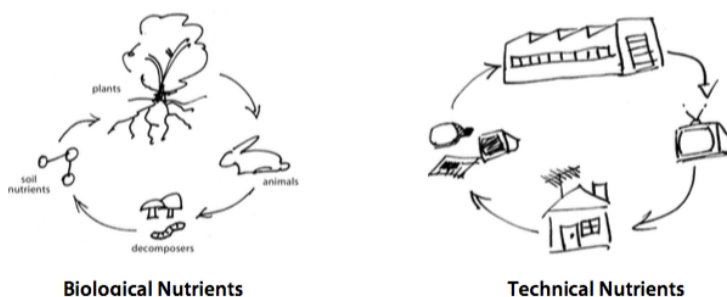


Fig. 13 Cradle to cradle (MBDC 2013).

2.8 Avaliação do ciclo de vida e a hierarquia dos resíduos

“A análise do ciclo de vida (ACV) visa quantificar vários aspetos do impacto ambiental de um produto ou material no curso do seu ciclo de vida completo”
(Gupta 2008, 5).

A análise do ciclo de vida (ACV) é uma técnica de avaliação dos impactos ambientais associados a todas as fases da vida de um produto, incluindo a extração de matéria através do processamento de materiais, fabricação, distribuição, utilização, e destino final. A ISO 14040 define ACV por compilação dos fluxos de entradas e saídas, como avaliação dos impactos ambientais associados a um determinado produto ao longo do seu ciclo de vida (Ferrão, Ribeiro, e Silva 2005).

Dentro dos parâmetros atuais de funcionamento da nossa sociedade, pensar num mundo sem resíduos parece algo impossível (Gomes 2011).

A hierarquia das opções de gestão de resíduos definida pela União Europeia determina a prioridade dos tratamentos e formas de valorização a dar aos resíduos (Figura 14). De acordo com este modelo, os resíduos são encarados como recursos. A prioridade máxima é a prevenção da produção de resíduos. Quando a produção não pode ser minimizada, privilegia-se a reutilização e depois a reciclagem. A deposição de resíduos em aterro deve ser reduzida ao mínimo indispensável e é considerada como última opção de tratamento de resíduos (LIPOR 2009).

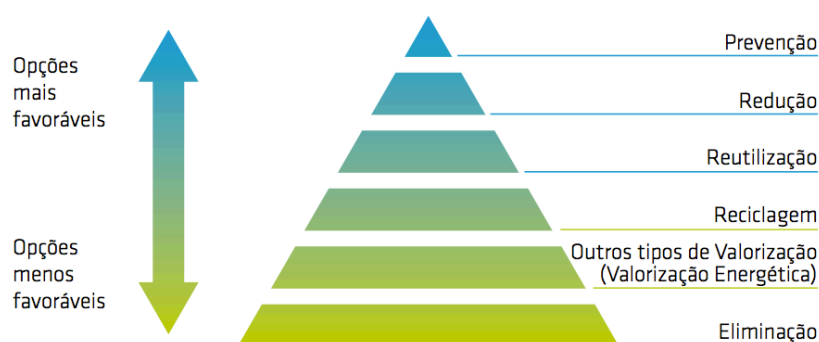


Fig. 14 Hierarquia de resíduos da empresa *Lipor* segundo as linhas da EU (LIPOR 2009).

Existem vários tipos de resíduos, classificados pela sua origem, cuja responsabilidade pelo destino final é de quem os produz: resíduos industriais (RI) ; resíduos Hospitalares (RH); resíduos Agrícolas; resíduos Perigosos: Todos os resíduos que apresentem pelo menos uma característica de perigo para a saúde ou para o ambiente, nomeadamente os identificados na Lista Europeia dos Resíduos; resíduos sólidos urbanos (RSU): Resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda os 1100 l por produtor. A produção de resíduos está diretamente relacionada com as atividades humanas e com o crescimento da população. Com as atividades humanas, no que respeita aos processos produtivos dos materiais e produtos que saciam as necessidades dos consumidores e ao próprio ato de consumo. Com o crescimento demográfico, especialmente em áreas urbanas e mais industrializadas, onde se verificam os maiores índices de consumo e nichos urbanos (LIPOR 2009).

A Sociedade Ponto Verde (SPV) existe em Portugal desde 1996 com a missão de reunir empresas privadas (embaladoras; distribuidoras e fabricantes de embalagens), no sentido de organizar e gerir, definido (SIGRE) Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens, para garantir a retoma, a valorização e a reciclagem de resíduos de embalagens não reutilizáveis (Ferrão, Ribeiro, e Silva 2005). Existem em Portugal algumas empresas dedicadas à recolha e triagem dos resíduos. Contudo, o que é importante referir neste trabalho é que existem especialmente empresas dedicadas somente à recolha e reciclagem de plásticos em Portugal, algumas separadas por tipos de plásticos. No caso específico da Ecoibéria, especializada na reciclagem de resíduos de plásticos, é a única empresa Portuguesa exportadora de PET flakes para a Europa e o resto do mundo (ECOIBERIA 2016).

2.9 Reciclagem de plástico em produtos de Design

Os projetos de Design, apresentados nas figuras 15 a 25, possibilitaram uma melhor compreensão dos processos de fabrico utilizados para a produção de produtos feitos a partir da reciclagem de plástico, bem como constituíram um ponto de partida para o desenvolvimento prático deste trabalho.



Fig. 15: Everything You Buy Is Rubbish.

Nome do produto: Everything You Buy Is Rubbish

Autores: Charles Duffy, Billy Turvey, William Gubbins

Ano: 2014

Materiais: PE, PET, entre outros.

Processo de Fabrico: Moldação por compressão

Descrição: Projeto focado no consumismo e desperdício de plásticos consumidos diariamente para a construção de um novo produto.

Fonte: <http://everythingisrubbish.co.uk/>



Fig. 16 Müll Senior Project

Nome do produto: Müll Senior Project

Autor: Carter Zufelt

Ano: 2015

Materiais: Sacos de plástico (HDPE e LDPE)

Processo de Fabrico: Moldação por Compressão

Descrição: Utilização de reciclagem de plásticos para construção de objetos de design no sector mobiliário

Fonte:

<http://www.carterzufelt.com/#/seniorproject/>



Fig. 17 MP Series

Nome do produto: MP Series

Autor: Carter Zufelt

Ano: 2015

Materiais: Sacos de plástico

Processo de Fabrico: Moldação por Compressão

Descrição: Conjunto de objetos para ajudar na organização dos espaços pessoais

Fonte:

<http://www.carterzufelt.com/#/mpseries/>



Fig. 18 50% Sawdust

Nome do produto: 50% sawdust
Autor: Kulla studio Design
Ano: 2010
Materiais: Sacos de plástico e serrim de madeira
Processo de Fabrico: Moldação por Compressão
Descrição: Mistura de dois materiais pressionados que com o calor conseguem homogeneidade
Fonte: <http://www.kulldesign.com/site/>



Fig. 19 PETlamp

Nome do produto: Conjunto de 20 Lâmpadas
Autor: Alvaro Catalán de Ocón
Ano: 2016
Materiais: Plástico PET com fibras naturais
Processo de Fabrico: Artesanal
Descrição: Conceção de um conjunto de candeeiros com a utilização de garrafas PET aliado a diversos países e culturas
Fonte: <http://www.petlamp.org/>



Fig. 20 "X-Parley"

Nome do produto: Adidas "X Parley"
Autor: Alexander Taylor
Ano: 2015
Processo de Fabrico: ND (não definido)
Descrição: Este calçado é produzido por filamentos de plástico reaproveitado dos desperdícios de rede de pesca perdidos nos oceanos
Materiais: Plástico das redes de pesca
Fonte: <http://www.dezeen.com/2016/06/08/cyrill-gutsch-interview-parley-for-the-oceans-founder-ocean-plastic/>



Fig. 21 EcoDeck

Nome do produto: EcoDeck

Autor: John Philips

Ano: 2008

Descrição: Material reciclado e reciclável, contribui para reduzir o desperdício de plástico

Materiais: Plástico PET

Processo de Fabrico: Plástico PET derretido por injeção

Fonte: www.johnphillipsdesign.com



Fig. 22 The new raw

Nome do produto: The new raw

Autor: Foteini Setaki e Panos Sakkas

Ano: 2015

Descrição: Consciencializar sobre os problemas de resíduos plásticos e as potencialidades das tecnologias de fabricação digital 3D

Materiais: Plástico PET

Processo de Fabrico: Por Filamento 3D

Fonte: <http://www.thenewraw.org/>



Fig. 23 Sea Chair

Nome do produto: SEA CHAIR

Autor: Alexander Groves & Azusa Murakami

Ano: 2012

Descrição: Plástico recuperado dos oceanos juntamente com os pescadores locais

Materiais: diferentes tipos de plásticos

Processo de Fabrico: Moldação por compressão

Fonte: <http://www.studioswine.com/sea-chair/>



Fig. 24 G-Star Raw

Nome do produto: G-Star RAW

Autor: Pharrell Williams

Ano: 2015

Descrição: Roupas feitas através de plástico recuperado dos oceanos

Materiais: Plástico PET com fibras

Processo de Fabrico: ND (não definido)

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=e2ziBgSNxLI&nohtml5=False>



Fig. 25 Precious Plastic.

Nome do produto: Precious Plastic

Autor: Dave Hakkens

Ano: 2013

Descrição: Desenvolvimento de quatro máquinas para reciclagem de plásticos

Materiais: Plásticos PET, PE, PLA, LDPE, OS, ABS, HDPE, PVC

Processo de Fabrico: Moldação por compressão, injeção, extrusão

Fonte: <http://preciousplastic.com/en/>

2.10 Embalagens, produção, ambiente

“A quantidade de embalagens que atualmente circula no mercado reflete-se necessariamente na sua crescente presença nos resíduos, para os quais é necessário dar um destino adequado e garantir valores mínimos de reciclagem e valorização impostos pela legislação comunitária e nacional.”

(Martinho e Rodrigues 2007, 5).

A reciclagem é uma forma de minimizar o problema que envolve as embalagens e contribui para a redução do consumo de matérias-primas, água, energia e a redução de emissões poluentes. A história das embalagens tem acompanhado a evolução da civilização, o homem relewa a sua interdependência com a necessidade de produzir

embalagens cada vez mais eficazes e imprescindíveis no seu dia a dia (Martinho e Rodrigues 2007).

As conchas, peles e chifres de animais podem ter sido as primeiras embalagens utilizadas até ao momento em que o homem começou a fazer certos feitos a partir de fibras vegetais como a produção com argila, seguindo-se os tecidos para o fabrico de sacos, as cordas, a madeira e mais tarde as embalagens feitas de metais e vidro (Martinho e Rodrigues 2007). A partir do século XIX, as embalagens tornaram-se imprescindíveis para a maioria dos produtos de consumo. Com a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), a necessidade de distribuir de forma fácil alimentos ao exército deu recurso à embalagem avulsa. Nos anos 20 emergiu um estilo diferente de embalagem com um design mais limpo e atrativo. A partir dos anos 30, a embalagem começou a aperfeiçoar-se devido à tecnologia e começaram a produzir-se embalagens com novos materiais, como o plástico. Estas embalagens influenciaram também os hábitos alimentares e os estilos de vida dos consumidores quando apareceram as embalagens descartáveis nos anos 60. Nos anos 70 surgem as embalagens do plástico moldado e as embalagens Tupperware, bastante funcionais e fáceis de transportar. Foi a partir dos finais dos anos 80 e nos anos 90 que o enorme consumo levou os próprios fabricantes a inovar, criando assim embalagens mais recicláveis, recicladas, biodegradáveis, não tóxicas, concebidas com base nos princípios de Ecodesign. No Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro, relativo a embalagens e resíduos de embalagens, consideram-se embalagens todos os produtos feitos de qualquer material utilizado para conter, proteger, movimentar, entregar, entre outros. Os principais plásticos utilizados na produção de embalagens de uso doméstico são o politereftalato de etileno, o polietileno, o policloreto de vinilo, o polipropileno e o poliestireno (Martinho e Rodrigues 2007; Ferrão, Ribeiro, e Silva 2005).

O principal problema ambiental dos resíduos de embalagens foi a crescente quantidade e a difícil biodegradabilidade. Nem todas as embalagens têm o mesmo impacto ambiental e o mesmo tipo de embalagem pode ter um impacto diferente dependendo do local onde foi produzida, a tecnologia que foi usada, o produto que contém, a forma como o consumidor a utiliza e descarta e o tipo de destino final que lhe é dado (Martinho e Rodrigues 2007).

Uma das ferramentas para comparar o impacto ambiental das embalagens é a Análise do Ciclo de Vida (ACV), ou seja, desde a fase de extração das matérias-primas até à sua transformação em resíduo. Os plásticos foram os materiais principais das lutas dos movimentos ambientalistas e dos estudos relacionados com a ecologia, devido ao seu

aumento de produtos e às características de biodegradabilidade em aterros, incluindo as embalagens. Muitas indústrias produtoras de embalagens tem feito um esforço para reduzir o impacto ambiental das embalagens de todo o tipo de materiais, compatibilizando-as com as medidas ambientais (Martinho e Rodrigues 2007).

O Eco Design e o conceito de sustentabilidade, introduziram alterações e inovações no que diz respeito às embalagens, reduzindo o peso ou volume; a utilização de materiais compatíveis ou utilização do material único para facilitar no processo de reciclagem; a eliminação de materiais com substâncias tóxicas; a introdução de materiais reciclados, biodegradáveis, renováveis, entre outros. Como exemplo disso, na marca água do Luso, destacaram-se no mercado as embalagens PET de água de 0,33 cl e 0,50 cl, reduzindo 50 % nas tampas e gargalos, o que permitiu uma redução de 190 toneladas de PET utilizado. Mas as responsabilidades em relação aos problemas vindos das embalagens, não se deve limitar apenas às empresas que as fabricam, mas também aos consumidores, pois todas as atitudes e comportamentos de consumo são essenciais para reduzir o impacto destes produtos, como realizar a sua reutilização após consumo ou depositá-las nos sistemas de deposição seletiva para serem indicadas para a sua reciclagem (Martinho e Rodrigues 2007).

Todos os produtos de certa forma afetam o meio ambiente numa grande ou pequena dimensão nas diferentes fases do seu ciclo de vida. Considerando as diferentes fases desde a extração de matérias primas, da produção, transporte, embalagem, utilização e destino final, o designer pode intervir na redução dos impactos ambientais associados a cada fase. Se o tempo de vida do produto for mais durável, este pode reduzir muitos dos impactos ambientais, pois estes produtos com um tempo de vida mais prolongado reduzem recursos e produção de resíduos (Peneda e Frazão 1995).

Segundo Papanek (1995), o designer tem pela frente diversas opções ecológicas quando cria a embalagem em que o produto é transportado, comercializado e distribuído. Refere que os plásticos esponjosos causam grandes problemas na ecologia e que são bastante usados em embalagens e utilizados para proteção de produtos frágeis, no entanto, são tóxicos e perigosos para o meio ambiente.

3. POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET)



3.1 O que é o PET?

PET (Politereftalato de Etileno) é uma resina de poliéster (Petra 2015) que se produz por um processo desenvolvido por Wallace H. Carothers (processo de policondensação). O PET é formado através da reação simultânea de dois monómeros (etilenoglicol e ácido tereftálico), ambos derivados da matéria-prima do petróleo, conforme ilustra a figura 26 (Petra 2015; EFBW (European Federation of Bottled Waters) 2013; ILSI (International Life Sciences Institute) 2000). Algumas das propriedades deste material estão representadas na tabela 3.

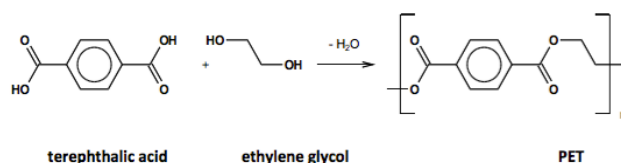


Fig. 26 Composição do PET (EFBW (European Federation of Bottled Waters) 2013).

Tabela 3 Propriedades gerais do PET (adaptado de CESEdupack 2016).

Propriedades gerais	
Densidade	1,29e3 – 1,4e3 kg/m ³
Composição	(CO-(C ₆ H ₄)-CO-O-(CH ₂) ₂ -O) _n
Preço	1,33 – 1,62 Eur/kg
Propriedades mecânicas	
Módulo de Young	2,76 – 4,14 GPa
Módulo de Shear	0,994 – 1,49 GPa
Coefficiente de Poisson	0,381 – 0,396
Limites de elasticidade	56,5 – 62,3 MPa
Força de tracção	48,3 – 72,4 MPa
Força de compressão	19,7 - 31,9 MPa
Alongamento	30 - 300 % strain
Dureza Vickers	17 – 18,7 HV
Força de resistência aos 10 ⁷ rolamentos	19,3 - 29 MPa
Resistência à fratura	4,5 – 5,5 MPa.m ^{0.5}
Propriedades térmicas	
Ponto de fusão	212 - 265 °C
Temperatura de vitrificação	67,9 – 79,9 °C
Temperatura máxima de serviço	66,9 – 86,9 °C
Temperatura mínima de serviço	-123 - -73,2 °C
Temperatura de processamento	225-350 °C
Temperatura do molde	20-100 °C
Condutividade térmica	0,138 – 0,151 W/m. °C
Capacidade de calor	1,42e3 – 1,47e3 J/kg. °C
Propriedades Eco	
Energia incorporada, produção primária	80,9 – 89,5 MJ/Kg
Pegada CO ₂ , produção primária	3,76 – 4,15 kg/kg
Reciclável	sim

O PET foi descoberto e patenteado em Inglaterra em 1941. Este começou por ser usado em fibras sintéticas e mais tarde em embalagens de filmes e garrafas de água. As garrafas de PET foram usadas para refrigerantes e águas engarrafadas (EFBW (European Federation of Bottled Waters) 2013), pois o material PET tem algumas propriedades características, como sendo: uma boa resistência mecânica térmica e química, é fácil de reciclar e apresenta boas propriedades de barreira, sendo transparente, forte, inquebrável, o que faz com que existam grandes variedades de aplicações de produtos (NAPCOR (National Association for PET Container Resources); Martinho e Rodrigues 2007).

O material Politereftalato de Etileno (PET) sendo transparente, permite que o conteúdo do recipiente possa permanecer visível. As aplicações com este material podem incluir água, refrigerantes, ketchup, alimentos congelados como produtos de limpeza e de casa, ou seja, aplicam-se a vários produtos no campo da embalagem; na forma de películas transparentes e resistentes, em fitas magnéticas, filmes e placas para radiografia, sob a forma de fibras, bem como resina para moldagem com reforço de fibra de vidro, utilizada, por exemplo, nos componentes elétricos de carros (ILSI (International Life Sciences Institute) 2000; Martinho e Rodrigues 2007; NAPCOR (National Association for PET Container Resources)).

Ao longo dos anos, o peso das garrafas tem sido reduzido; hoje uma garrafa pode pesar somente 11 gramas. O processo de leveza na embalagem representa benefícios para o impacto ambiental (Martinho e Rodrigues 2007), no entanto devido ao enorme consumismo não é ainda suficiente para eliminar este problema.

As embalagens de PET são feitas através do processo de moldação por sopro ou por termoformação. Como já foi referido anteriormente, os plásticos distinguem-se por um símbolo e um número; o que representa o PET é o número 1 conforme mostra a figura 27.



Fig. 27 Número 1 (PET).

3.2 Processos de transformação de PET

A transformação do PET pode ser feita de várias formas, sendo estas:

1. Coloração

O PET é uma resina transparente e incolor, mas pode ser utilizado com pigmentos de cor para produzir embalagens coloridas. A mistura dos pigmentos com a resina PET é feito através do processo de tamboração-agitação (Martinho e Rodrigues 2007).

2. Secagem

A fase da secagem é essencial e deve ser feita de forma controlada, uma vez que o PET vai absorvendo humidade atmosférica enquanto se encontra armazenado para o processo de transformação. A secagem reside num sistema fechado ligado ao alimentador através de uma tubagem relativamente curta e isolada. Este sistema tem uma configuração em duplicado, permitindo ciclos repetitivos e alternados (Martinho e Rodrigues 2007).

3. Injeção – Estiragem – Sopro

Este processo permite a produção de garrafas. Durante o processo de injeção, o PET fundido é injetado no molde e depois a pré-forma é arrefecida rapidamente. Durante a estiragem e sopro, a pré-forma é reaquecida a determinada temperatura e depois dá-se a estiragem no interior do molde final, o sopro e o arrefecimento. Existem dois métodos para este processo: o método *one step* e o método *two step*. No método *one step*, a injeção, a estiragem e o sopro ocorrem na mesma máquina, enquanto no método *two step*, as duas etapas decorrem em máquinas distintas (Martinho e Rodrigues 2007).

4. Injeção – Sopro

A primeira fase deste processo é feita por injeção de uma forma num molde compreendido por cavidade e oco. A segunda etapa consiste na moldação por sopro num segundo molde, sopro com ar comprimido, seguindo de arrefecimento e ejeção da peça (Martinho e Rodrigues 2007).

5. Extrusão – Termoformagem

O processo de extrusão transforma o PET numa folha lisa e plana, enquanto que a termoformagem molda o formato da embalagem por recurso a determinada temperatura

e pressão. Estas etapas podem ser usadas em separado ou de forma combinada. A indústria pode produzir folha de material PET a partir de granulado que pode dar origem à produção de embalagens PET ou do granulado. A extrusão consiste na fusão do granulado através da ação conjunta de temperatura e pressão. Existem dois tipos de fusão, a extrusão plana permite obter folha de PET, enquanto que a segunda é utilizada na produção de filmes plásticos.

A folha de PET transparente é denominada de A-PET (A vem de amorfo). Para a termoformagem da folha A-PET podem ser utilizadas as mesmas máquinas usadas para outras folhas plásticas, bem como os mesmos moldes, mas é necessário ter em conta o índice de retração, e a homogeneidade térmica para que o PET não cristalize (a cristalização reduz a transparência da embalagem). O C-PET pode ser cristalizado e opaco; distingue-se por ser o primeiro material plástico a permitir a sua utilização em fornos, tanto nos convencionais como nos micro-ondas (Martinho e Rodrigues 2007).

3.3 Reciclagem do PET

O PET tornou-se no material de embalagens mais usado em todo o mundo. O seu crescente uso, devido a alta resistência a quebras, temperatura, baixo peso e custo em comparação com outros materiais (como o vidro e metal), bem como o seu impacto ambiental tem levado ao desenvolvimento de processos de reciclagem mais eficiente. A figura 28 mostra a evolução da reciclagem e da utilização de embalagens PET nos últimos anos (Geueke 2015; Khoonkari et al. 2015).

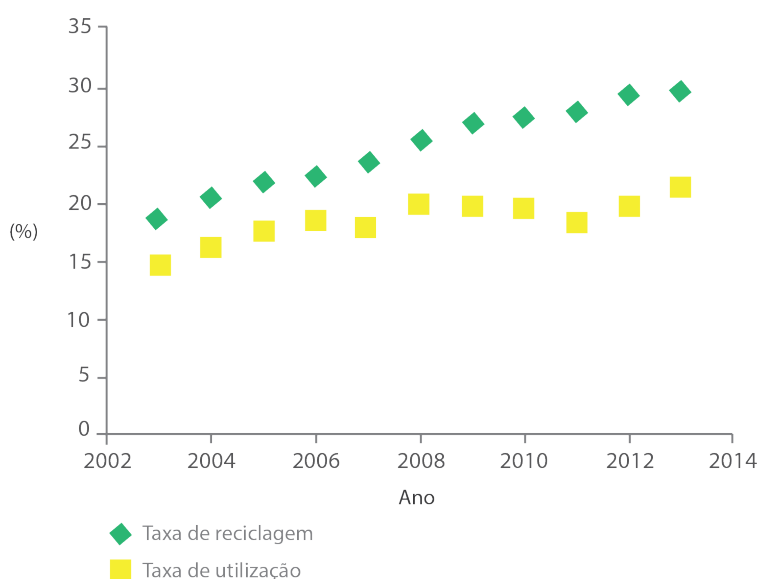


Fig. 28 Taxa de reciclagem e utilização de PET (Khoonkari et al. 2015)

Atualmente, vários países têm vindo a preocupar-se com esta questão e começaram a proceder à reciclagem de garrafas PET através de métodos de reciclagem (mecânica, energética, química) de acordo com os seus recursos (Khoonkari et al. 2015).

A reciclagem mecânica de garrafas PET requer lavagem e a trituração do material recuperado. Os flakes são processados ou misturados com o polímero virgem. O grau de pureza do material é de grande importância no processo de reciclagem mecânica (Europe PETCORE 2014).

Os métodos da reciclagem energética como a incineração ou pirólise conduzem à redução do PET (Downcycling) devido à degradação térmica, e usam os seus produtos de reação direta ou indiretamente para a recuperação de energia (Geyer, Lorenz, e Kandelbauer 2016).

As vantagens da reciclagem química do PET são o grande número de despolimerização e uma enorme variedade de produtos, como monómeros para síntese de polímeros e resinas (Soares 2010). As várias técnicas de reciclagem química do PET são: a glicólise, metanólise, a hidrólise, saponificação e pirolise (Europe PETCORE 2014).

A reciclagem química do PET requer altas temperaturas e pressões. São utilizados uma grande quantidade de químicos no processo de despolimerização, separação e fases de purificação, apesar de não envolver a redução do material como os processos de reciclagem referidos anteriormente (Geyer, Lorenz, e Kandelbauer 2016).

A figura 29 apresenta, de forma esquemática, algumas das contaminações, identificadas como preocupantes durante a reciclagem de PET em Geueke (2015). Na tabela 4 apresentam-se as propriedades do plástico PE, também utilizado neste trabalho, resultante da reciclagem de embalagens PET.

Na reciclagem de resíduos de embalagens PET, o processo mais utilizado é a reciclagem mecânica. Segundo a empresa Ecoibéria a reciclagem de 2200 kg por hora permite assegurar a produção das devidas quantidades de matéria-prima secundária: 1350 kg/hora de PET Flakes Clear e Light Blue; 350 kg/hora de PET flakes cor; e 14.000 toneladas/ano são o estimado de resíduos retirados do meio ambiente (ECOIBERIA 2016).

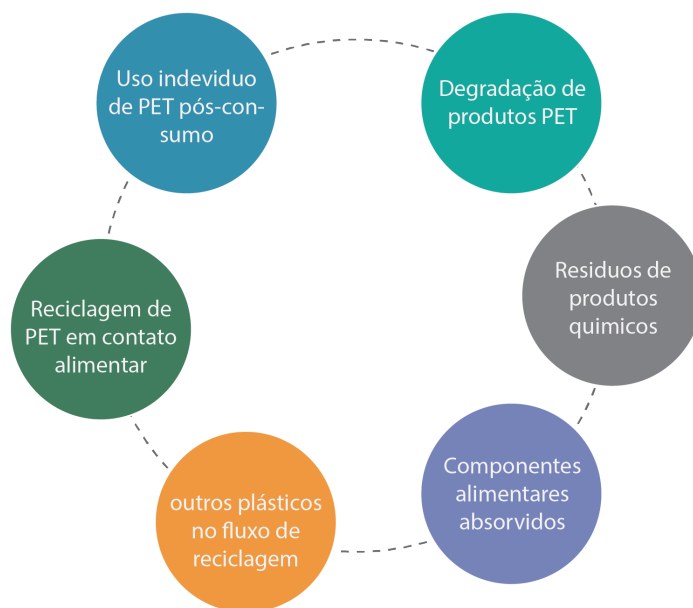


Fig. 29 Percurso de contaminação durante a reciclagem (adaptado de Geueke 2015).

Tabela 4 Propriedades do PE (CESEdupack 2016).

Propriedades gerais	
Densidade	939 – 960 kg/m ³
Composição	(-CH ₂ -CH ₂ -) n
Preço	1,82 - 2,23 Eur/kg
Propriedades mecânicas	
Módulo de Young	0,621 – 0,896 GPa
Módulo de Shear	0,218 - 0,314 GPa
Coefficiente de Poisson	0,418 - 0,434
Limites de elasticidade	17,9 - 29 MPa
Força de tração	20,7 - 44,8 MPa
Força de compressão	19,7 - 31,9 MPa
Alongamento	200 - 800 % strain
Dureza Vickers	5,4 – 8,7 HV
Força de resistência aos 10 ⁷ rolamentos	21 - 23 MPa
Resistência à fratura	1,44 - 1,72 MPa.m ^{0.5}
Propriedades térmicas	
Ponto de fusão	125 – 132 °C
Temperatura de vitrificação	-25,2 - -15,2 °C
Temperatura máxima de serviço	90 - 110°C
Temperatura mínima de serviço	-123 - -73,2 °C
Condutividade térmica	0,403 – 0,435 W/m. °C
Capacidade de calor	1,81e3 – 1,88e3 J/kg. °C
Propriedades Eco	
Energia incorporada, produção primária	77 – 85,1 MJ/Kg
Pegada CO ₂ , produção primária	2,64 – 2,92 kg/kg
Reciclável	sim

4. POLUIÇÃO COSTEIRA E MARINHA



“99% de todas as espécies de aves marinhas alimentar-se-ão de plástico em 2050 exceto se algo for feito para travar a maré.”

Plastic Conservancy 2015

4.1 Lixo Marinho

O lixo marinho é considerado qualquer material sólido persistente, fabricado ou processado que é excluído ou abandonado no ambiente marinho e costeiro.

Existem diversos tipos de materiais no lixo marinho, incluindo plástico, metal, madeira, vidro, borracha, têxteis e papel, mas existem evidências que os detritos marinhos de plástico correspondem a mais de 90% do total de itens encontrados em várias localizações. Estes materiais são bastante duráveis no ambiente marinho, mas entretanto, sofrem processos de foto-degradação, degradação térmica, química e mecânica, causando fragmentação. Os plásticos são os materiais mais preocupantes no lixo marinho, devido à sua persistência e fragmentação em pequenas dimensões ampliam o problema. Os microplásticos são definidos por fragmentos dentro de 5 mm ou menos de diâmetro (Sobral et al. 2015). É um problema que afeta todos os oceanos do mundo e que persiste a cada dia. A maioria dos materiais encontrados no lixo marinho têm baixa densidade, o que lhes permite serem transportados por ventos e correntes aquáticas. Neste sentido, os animais marinhos e as economias locais são afetadas pelas pressões e impactos do lixo marinho (Sobral et al. 2015).

O lixo marinho está presente em todos os mares e oceanos do mundo, do Polo Norte ao Polo Sul, desde o equador às zonas costeiras ou às ilhas mais isoladas (Sobral et al. 2015). Os resíduos plásticos são encontrados de diferentes formas. Os resíduos maiores como a redes de pesca, sacos de plástico e anéis de plásticos das embalagens, podem ter graves problemas para os peixes, como mamíferos marinhos e aves marinhas. Os animais marinhos confundem os plásticos de menor dimensão com comida e ingerem-na, o que pode levar à asfixia e fraqueza extrema por falta de alimento (Orthodoxou, Loizidou, e Loizides 2014).

Através dos rios podem ser transportados, de uma forma rápida, resíduos provenientes de atividades terrestres, levando-os para a costa ou para os mares (Orthodoxou, Loizidou, e Loizides 2014).

O lixo no fundo do mar é uma enorme preocupação, incluindo qualquer resíduo, redes de pesca presas a rochas e a destroços, é difícil a sua remoção devido à sua localização. As

limpezas de praia, são, talvez, as ações mais comuns contra o lixo (Orthodoxou, Loizidou, e Loizides 2014).

O lixo marinho pode ser classificado de acordo com as seguintes categorias de materiais: resíduos de plástico, borracha, madeira, metal, papel, têxteis, vidro e cerâmica (Sobral et al. 2015). Apesar de não ser possível obter resultados completamente rigorosos da quantidade de detritos de plástico que atinge o ambiente marinho vários estudos afirmam que cerca de 60 a 80% são resíduos plásticos (Derraik 2002).

Eriksen et al., realizaram uma estimativa do número total de partículas plásticas e o seu peso nos oceanos do mundo. O modelo oceanográfico utilizado neste estudo levou à obtenção da figura 30, dividida em quatro mapas para cada contagem e densidade de peso consoante o tamanho das partículas de plástico - pequenos microplásticos, grandes microplásticos, meso e macroplásticos (Eriksen et al. 2014). A observação dos quatro mapas (Figura 30) mostra uma maior densidade de plástico nas classificações de maior dimensão (Eriksen et al. 2014).

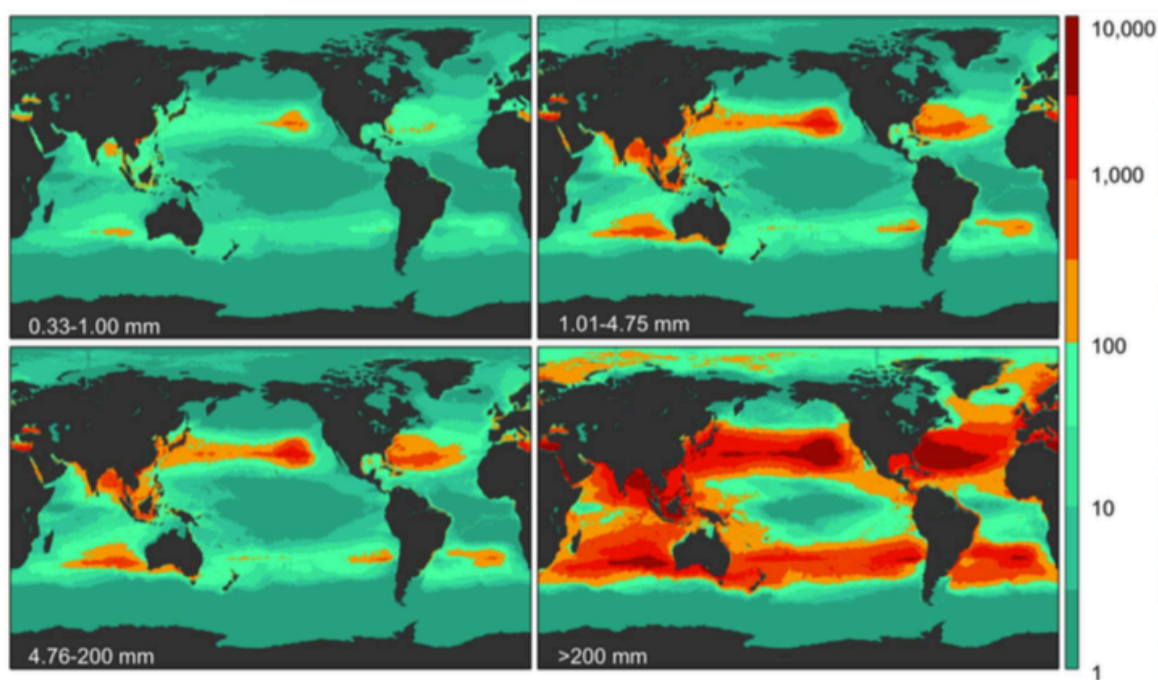


Fig. 30 Quatro mapas para a contagem e densidade de peso de partículas de plástico (Eriksen et al. 2014).

4.3 Iniciativas em Portugal

No dia Mundial de limpeza das praias foi feita uma recolha na praia da Cruz Quebrada em Lisboa (17 de Setembro de 2014) através da Associação Portuguesa do Lixo Marinho (APLM) na qual participaram 26 pessoas (Figuras 31 e 32) e realizaram a recolha em 2

horas. Esta ação tinha uma metodologia (Anexo A), pelo que os participantes se dividiram em grupos de três para facilitar no processo de recolha e anotações, percorrendo uma distância de 100m. Pode-se observar os resultados do top 10 recolhidos na praia (Figura 33 e Tabela 5).



Fig. 31 Limpeza na Praia da Cruz Quebrada.



Fig. 32 Participantes no dia Mundial da Limpeza nas Praias.

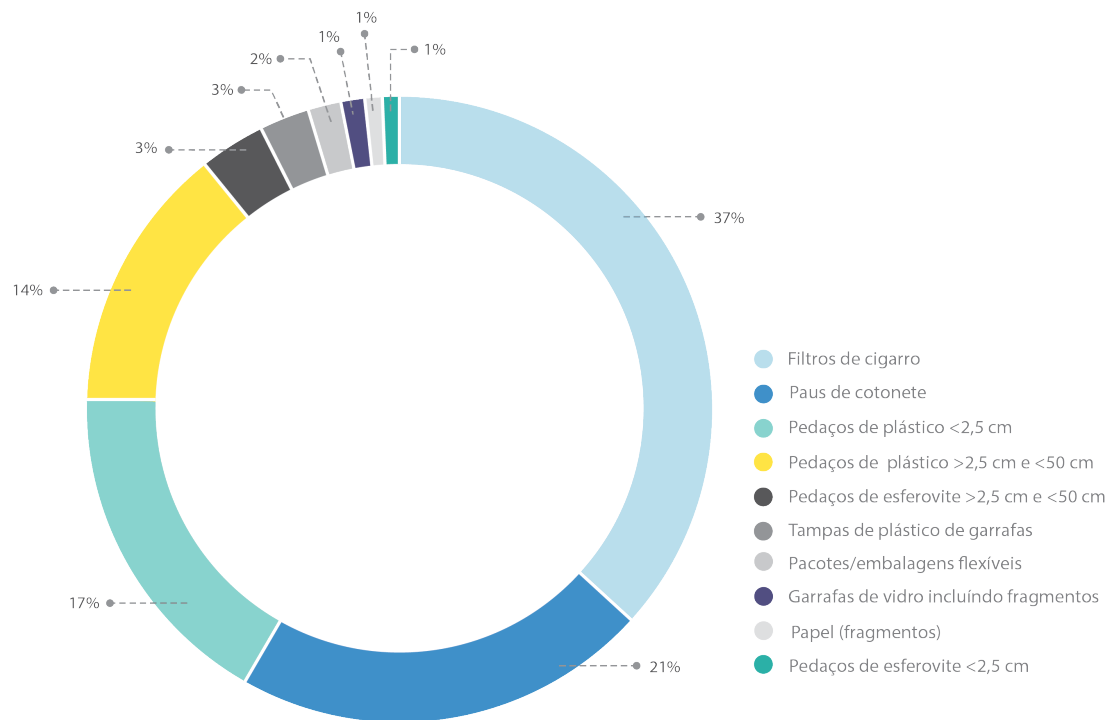


Fig. 33 Top 10 do lixo marinho em %.

Tabela 5 Dados recolhidos no TOP 10 por valores unitários.

Filtros de cigarro	1555
Paus de cotonete	910
Pedaços de plástico <2,5 cm	734
Pedaços de plástico >2,5 cm e <50 cm	587
Pedaços de esferovite >2,5 cm e <50 cm	144
Tampas de plástico de garrafas	107
Pacotes/embalagens flexíveis	75
Garrafas de vidro incluindo fragmentos	46
Papel (fragmentos)	40
Pedaços de esferovite <2,5 cm	39

5. CASOS DE ESTUDO





Fig. 35 Matéria-prima.

Os granulados de PET Azul e Verde são resultado da trituração de garrafas de água e de embalagens de refrigerantes, respetivamente, resultando ambos em partículas com uma dimensão média de 1 mm. As tampas dos mais variados recipientes plásticos são igualmente trituradas dando origem ao granulado PE, que resulta da reciclagem de embalagens PET, com dimensões de partículas ligeiramente superiores às anteriores (ver anexo B). As características do PET e PE foram apresentadas no capítulo três do presente documento.

Procurou-se, neste trabalho, manter as cores de origem do plástico no desenvolvimento dos novos produtos. Desta forma, foi possível observar as características do plástico em causa, bem como acompanhar o comportamento dos mesmos durante a criação dos protótipos.

5.2 Fase de Experimentação

Qualquer trabalho experimental requer o conhecimento prévio da matéria-prima, das suas características físicas e comportamentos face à sua conjugação com outros elementos. Neste trabalho, os elementos adicionados à matéria-prima foram a cera de abelha e a glicerina. A glicerina é de origem vegetal, sólida e transparente. A cera de abelha é de origem animal, sólida e de cor castanha.

A metodologia geral seguida para a adição dos elementos adicionais foi a seguinte:

- derreteu-se o aditivo em banho maria até ficar líquido a uma temperatura aproximada de 180°C (duração aproximada de 10 minutos);
- colocou-se o aditivo num molde de inox com 6,5 cm de diâmetro e 3 cm de altura (com uma capacidade máxima de 100 ml), e adicionaram-se os granulados de plástico.

Após o arrefecimento obtiveram-se os elementos apresentados na figura 36, A, B e C. Os resultados serviram para fazer uma primeira análise do material em contacto com outros. Essa análise foi apenas visual e táctil.

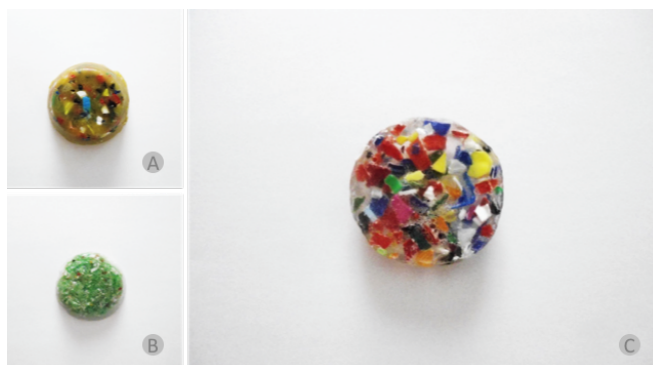


Fig. 36 Experiências com aditivos: A) PE com cera de abelha; B) PET com glicerina; C) PE com glicerina.

Foi feito um novo conjunto de experiências para analisar o comportamento do PET ao calor. O PET foi aquecido a uma temperatura aproximada de 220°C, dadas as características do processamento do PET (ver Tabela 3 do capítulo três), pelo período aproximado de 15 minutos. A fase de aquecimento, bem como os elementos gerados apresentam-se na figura 37 (A, B, C e D).



Fig. 37 Experiência com PET Verde: A) granulado; B) Aquecimento; C) Resultado 1; D) Resultado 2.

Conforme mostra a figura 37 (C e D), o granulado de PET verde ficou com um aspeto diferente do desejado, na medida em que se perderam as cores iniciais.

Para completar esta fase de experimentação, estudou-se o comportamento dos granulados PE face a temperaturas de 200° C atingidas num forno. Os resultados obtidos mostraram-se na figura 38 (A, B e C). Pode observar-se que a cor original dos mesmos é mantida

após esse aquecimento; estas ultimas experiências serviram para dar origem aos casos de estudo que se seguem.



Fig. 38 Granulado PE aquecido: A, B, C.

5.3 Caso de estudo 1

5.3.1 Processo para o molde com gesso

O primeiro caso de estudo consistiu na criação de uma havaiana. O seu fabrico implicou a criação de vários moldes. Utilizaram-se moldes à base de gesso e de silicone; os protótipos finais foram produzidos através do molde de silicone.

A primeira fase para o protótipo de havaianas realizou-se nas instalações da Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto (FBAUP); foi concebido um molde em pinho canadiano com uma forma de sola no seu interior (Figura 39, A). Procederam-se as seguintes etapas: utilizou-se uma chapa de aço de 2 mm de espessura como base para o molde, permitindo que a matéria-prima granulada de PE fosse colocada no seu interior até preencher 3 mm de espessura; colocou-se numa estufa a uma temperatura de 200°C por um período aproximado de 45 minutos; quando este foi retirado do forno, observou-se que existe uma uniformidade de ligação em todo o material mas a sua rigidez não permitia a sua utilização; passando-se para a realização de novas experiências.

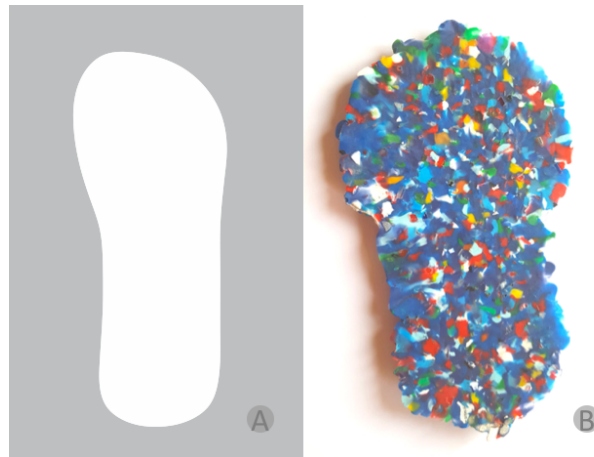


Fig. 39 Exp.1: A) Molde de madeira (270x190x10 mm), B) Mix PE.

O molde que se apresenta na figura 40 foi concebido tendo em conta os seguintes passos: cortou-se a argila; amassou-se com um rolo até conseguir a mesma espessura e uma textura macia; colocou-se a argila em redor de uma havaiana comercial e criaram-se chaves de encaixe para que se consiga fazer um molde em duas partes (Figura 40, A e B). Misturou-se o gesso com a água e vazou-se o gesso para dentro das paredes de argila (Figura 40, C), deixou-se secar aproximadamente 30 minutos, virou-se o molde já seco de gesso e repetiu-se o processo para criar a segunda parte do molde; depois de concebidos os tasselos (Figura 35, D), o molde de gesso pode ser utilizado para a conceção de peças (Figura 40, E).

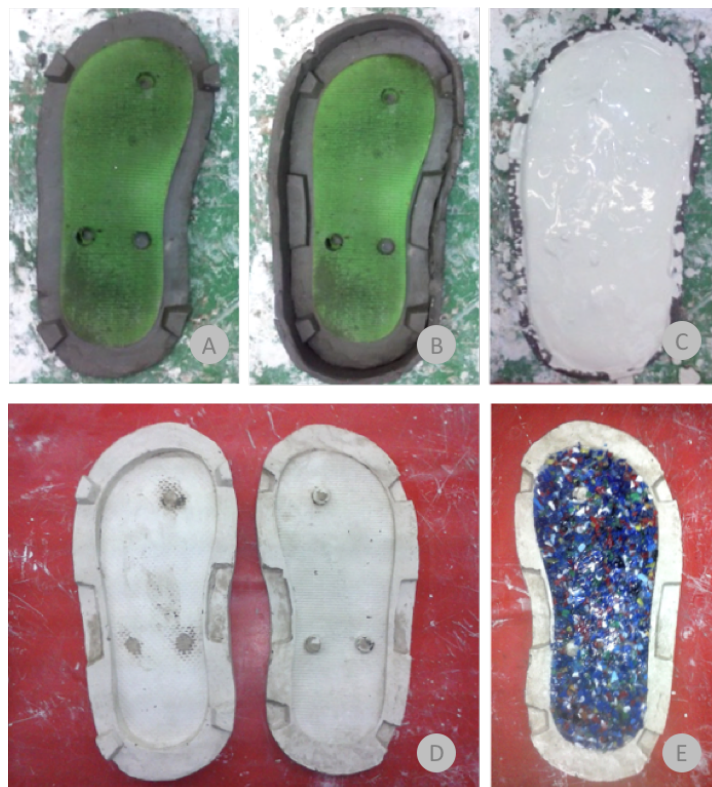


Fig. 40 Molde em gesso: A) Tiras de argila; B) Chaves de encaixe; C) Gesso; D) Tasselos; E) Vazamento.

O molde de gesso apresentado na figura 40 pesa 1,5 kg (900 g de gesso e 600 ml de água); as medidas são 290 mm x 130 mm x 50 mm. Este molde foi concebido através de uma havaiana comercial com marcas de utilização para que se obtivesse a marca da pegada no molde; essa marca serviu para reforçar o conceito da redução da pegada ecológica.

As experiências realizadas com este molde contêm a matéria-prima de PET ou PE com o aditivo de silicone.

Aplicou-se um silicone comercial (translúcido) num copo de plástico (200 ml) através de um aplicador tubular de metal por processo manual para tubos de 300 ml e misturou-se com a matéria-prima; a secagem foi feita à temperatura ambiente num período aproximado de 24 horas.

Através do software *CES Edupack* recolheram-se algumas propriedades gerais do silicone (Tabela 6).

Tabela 6 Propriedades do Silicone (CESEdupack 2016).

Propriedades gerais	
Densidade	1,3e3 – 1,8e3 kg/m ³
Preço	3,76 – 6,33 Eur/kg
Propriedades mecânicas	
Módulo de Young	0,005 – 0,02 GPa
Módulo de Shear	0,002 – 0,0066 GPa
Coefficiente de Poisson	0,47 – 0,49
Limites de elasticidade	2,4 – 5,5 MPa
Força de tracção	2,4 – 5,5 MPa
Força de compressão	10 – 30 MPa
Alongamento	80 – 300 % strain
Força de resistência aos 10 ⁷ rolamentos	2,28 – 4 MPa
Ductibilidade	0,03 – 0,5 MPa.m ^{0.5}
Propriedades térmicas	
Temperatura de vitrificação	-123 - -73,2 °C
Temperatura máxima de serviço	227 – 287 °C
Temperatura mínima de serviço	-73,2 - -48,2 °C
Condutividade térmica	0,3 – 1 W/m.°C
Capacidade de calor	1,05e3 – 1,3e3 J/kg. °C
Propriedades Eco	
Energia incorporada, produção primária	118 – 131 MJ/Kg
Pegada CO ₂ , produção primária	7,55 – 8,34
Reciclável	Não

A experiência representada na figura 41 (A, B) foi feita através do método anteriormente descrito; contém uma maior quantidade de PE (70%) e menor quantidade de silicone (30%). A maior quantidade de plástico torna o produto mais pesado (com uma espessura de 20 mm) menos agradável e confortável para se caminhar, procedendo-se assim à realização de novas experiências para colmatar este problema.



Fig. 41 Exp. 4: A) Parte inferior; B) Parte Superior.

Para a experiência que se segue, na figura 42 (A, B) e 43, foi misturada uma maior quantidade de silicone (70%) e menor quantidade de PE (30%), com uma espessura de 15 mm. Depois da secagem observou-se que esta podia ser um bom ponto de partida para o fabrico de protótipos finais de havaianas, mas ainda com a existência de problemas uma vez que as partículas podem saltar e magoar o indivíduo que as calça ou mesmo contribuir para aumentar a pegada ecológica (quando as partículas saem ao caminhar). Ainda para esta peça utilizou-se um fio de nylon azul contruído pela técnica macramê.



Fig. 42 Exp.5: A) Parte inferior; B) Parte Superior.



Fig. 43 PE com silicone: perspectiva.

Ainda na fase de experimentação para o protótipo de havaianas (Figura 44, A e B), foi concebido outro molde com uma forma mais reduzida (250 mm x 130 mm x 40 mm), com o peso total de 1 kg (gesso: 700 g; água: 300 ml). A criação do molde seguiu a metodologia da figura 40, mas sem a marca de utilização; na parte inferior existem duas ranhuras de 5 mm para a tornar a havaiana mais flexível. Para o vazamento da mistura no molde utilizaram-se 90% de silicone e 10% de plástico PET. Esta última experiência, da fase experimental, apresentou resultados mais satisfatórios. As partículas do PET Verde parecem comportar-se melhor com o silicone, ficando mais unidas, no entanto a espessura obtida (15 mm) apresenta ainda um peso considerável.



Fig. 44 Exp. 7: A) Parte superior; B) Parte inferior.

5.3.2 Teste à dureza do material

Após a primeira fase de experiências realizadas e a análise dos resultados obtidos, procedeu-se ao teste da dureza (Figura 45, A) das peças com a utilização do método Shore (1920), usado para determinar a dureza de elastómeros, termoplásticos e termoendurecíveis.

O Shore D (Figura 45, B) mede a dureza de termoplásticos e termoendurecíveis (30-90 Shore D) ou elastómeros duros (>80 Shore A), enquanto que o Shore A (Figura 45, C) permite medir elastómeros macios (10-90 Shore A). Para esta medição não existe um sistema ótico, mas sim um comparador.



Fig. 45 Testes à dureza do material: A) durómetro; B) shore D; C) shore A.

Para uma base de referência desta análise mediu-se inicialmente a dureza de uma partícula do plástico PE, obtendo-se uma dureza 55 (Shore D). Para analisar melhor as durezas de cada experiência realizada anteriormente, foi feita um esquema com os pontos de medição

na parte superior e inferior de cada peça (Figura 46); os valores estão registados na tabela 7.

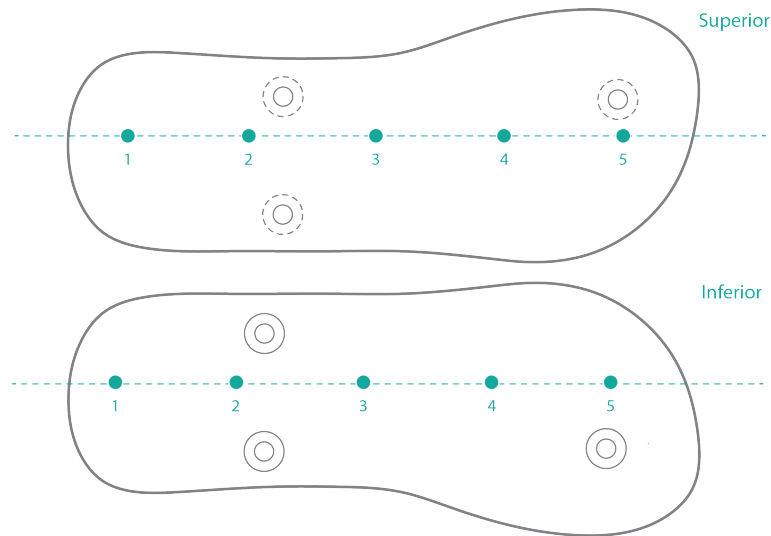


Fig. 46 Pontos de medição de dureza: Parte superior e inferior.

Através de cinco pontos principais como ilustra a figura anterior, foi possível determinar as diferenças entre cada experiência realizada, comparando-as com uma havaiana comercial. Foram analisados as médias e o desvio padrão de cada experiência, tanto da parte superior como da parte inferior (tabela 7).

Tabela 7 Dureza medida nos pontos assinalados na figura 46.

		Dureza							
	Pontos	Exp. 1*	Exp. 2*	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6	Exp. 7	Havaiana Comercial
Superior	1	55	45	28	9	15	15	14	10
	2	55	45	29	14	14	14	14	41
	3	50	56	19	9	15	17	17	41
	4	56	56	25	20	12	17	15	41
	5	57	50	52	36	19	19	13	38
Média	-	54,6	50,4	30,6	17,6	15	16,4	14,6	40,2
Desvio Padrão	-	2,7	5,5	12,6	11,2	2,6	2,0	1,5	1,3
Inferior	1	55	52	28	66	24	16	14	28
	2	52	45	28	12	15	32	14	28
	3	45	60	13	36	14	14	18	29
	4	52	53	12	25	19	12	15	29
	5	47	56	29	36	33	14	11	28
Média	-	50,2	53,2	22	35	21	17,6	14,4	28,4
Desvio Padrão	-	4,1	5,5	8,7	20,0	7,8	8,2	2,5	0,6

*Experiências realizadas com o durómetro Shore D.

*Exp. 1: Figura 39.

5.3.3 Processo para o molde de silicone

Depois de realizadas as experiências e analisados os resultados, prosseguiu-se para a construção de um novo molde para que fosse possível resolver os problemas atrás mencionados. Para que se pudesse construir um molde feito de silicone, foi preciso modelar a peça que se pretendia em três dimensões (foi utilizado o software Rhinoceros) como é possível verificar na figura 47 (A). Depois desta etapa, a peça foi construída no Departamento de Engenharia Mecânica (FEUP) pelo processo aditivo (Figura 47, B, C e D) com as seguintes características: equipamento: LDPS 3D; processo: FDM; material: ABS/PLA; resolução de camada: 200 μm . Para o fabrico da peça em forma de havaiana esperou-se aproximadamente três horas até que ficasse completa e se pudesse prosseguir à etapa seguinte.

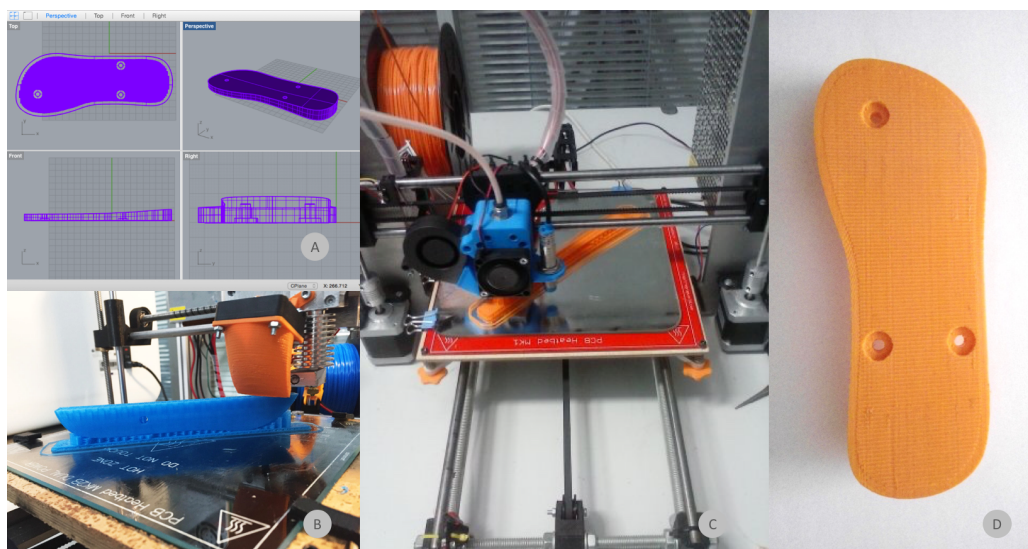


Fig. 47 A) 3d; B e C) Protótipo por processo aditivo; D) molde.

Para a realização dos protótipos finais de havaianas foi necessário a construção de um molde de silicone, realizado nas oficinas do Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI). Foram realizadas várias etapas, tais como:

1. Construção de uma caixa para o vazamento do silicone (Figura 48, A);
2. Vazamento do silicone (Figura 48, B);
3. Camara de vácuo com molde inclinado (Figura 48, C e D);
4. Esperar a temperatura ambiente, pelo menos 24 horas até o molde secar;
5. Por fim, abertura do molde e extração da peça em 3D para que seja possível realizar protótipos.

Durante o processo na camara de vácuo, o molde é inclinado, evitando a formação de bolhas de ar; o processo é repetido várias vezes (pelo menos duas vezes).

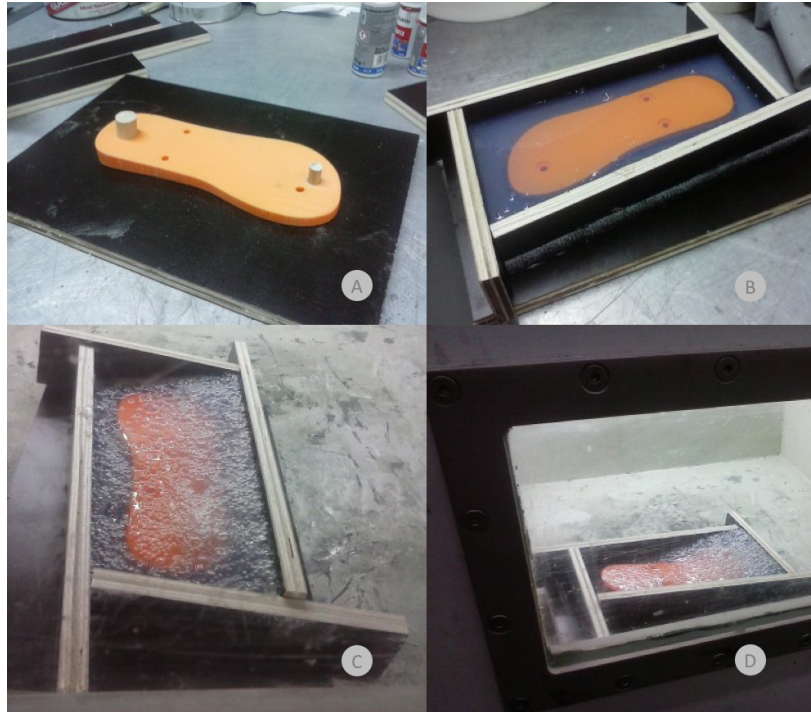


Fig. 48 A) Peça 3D; B) Vazamento do silicone; C e D) Camara de vácuo com molde inclinado.

O molde em silicone permite até cerca de 20 vazamentos para que conserve a sua estrutura e qualidade. O silicone utilizado para fazer o molde foi transparente com o objetivo de facilitar as operações de extração dos modelos do seu interior. Utilizou-se 90% de Silikon SLN 950 e 10 % de catalisador SLN 951 do fornecedor HBquimica (Figura 49).

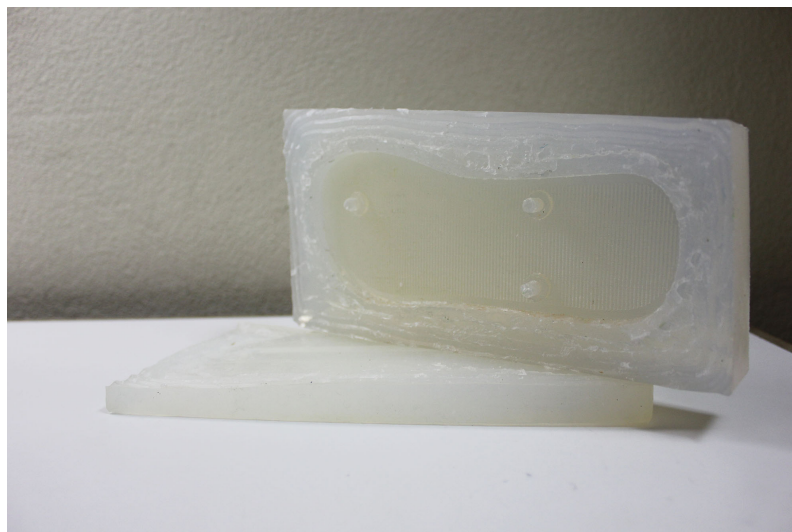


Fig. 49 Molde de Silicone (220x120x40 mm).

Para os protótipos finais de havaianas foi utilizada uma borracha da Neukadur Protoflex 150 - 05 de pigmento azul e amarelo da MCP para a execução de uma sola; cada sola com 50 g de peso e 4 mm de espessura (Figura 50).

Com o molde de silicone (Figura 49) vazou-se a borracha e foi ao forno cerca de 2 horas a uma temperatura de 80°C para que solidificasse. As fases para o processo de execução dos protótipos finais com a mistura do aditivo com PET (ou PE) foram idênticas às utilizadas com o molde de gesso, uma vez que a mistura é depositada sobre o molde; mas com a pré-colocação de uma sola. O tempo de secagem do protótipo final foi também de 24 h.



Fig. 50 Sola de borracha com 170x70x4 mm.

5.3.4 Protótipos Havaianas

Os resultados dos protótipos finais de havaianas são apresentados nas figuras seguintes, tendo sido realizados dois modelos diferentes. No primeiro, com sola azul foi usado 75% de silicone e 25% de plástico PET Verde (Figura 51, A e B). Nas figuras 52 e 53, são apresentados os resultados do protótipo; foi utilizado um fio de Nylon torcido de cor azul.



Fig. 51 Protótipo havaiana azul: A) Parte superior; B) Parte inferior.



Fig. 52 Protótipo havaiana azul com vista de topo.



Fig. 53 Protótipo havaiana azul em perspectiva (sola: 4 mm, mistura: 4 mm).

Para a execução do segundo protótipo final foi utilizado uma borracha de pigmento amarelo. Esta havaiana ficou com três camadas: a sola com 4 mm; a mistura de silicone (90%) com PE (10%) de 4 mm e uma terceira camada formada por uma película com 2 mm de silicone. Tentou realizar-se desta forma para evitar o problema anteriormente mencionado (queda das partículas e desconforto) conforme mostram a figura 54 (A, B).



Fig. 54 Protótipo havaiana amarelo: A) parte superior; B) Parte inferior.

Por fim, foi utilizado um fio de Nylon de cor amarela feito a partir do processo macramê (Figura 55 e 56).



Fig. 55 Protótipo havaiana amarelo vista de topo.



Fig. 56 Protótipo havaiana amarelo perspectiva.

5.4 Caso de estudo 2

5.4.1 Processo para o protótipo de Botões

A atividade experimental para o processo de fabrico de botões teve como objetivo principal a concretização de processos operacionais capazes de amolecer, por aquecimento, o PET e PE, com vista à consistência ideal dos mesmos.

Pretendia-se, inicialmente, observar o comportamento do PET e PE ao calor e determinar a sua temperatura de fusão/amolecimento.

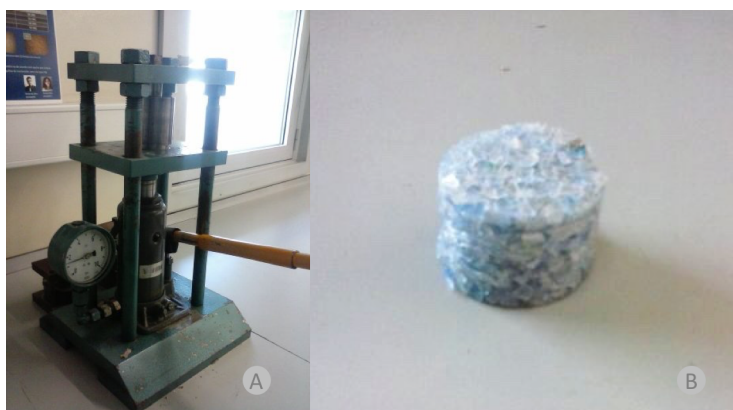


Fig. 57 A) Prensa para prensagem uniaxial; B) Amostra com PET Azul.

A figura 57 (A) mostra uma prensa para prensagem uniaxial e uma amostra com o PET azul (Figura 57 B) para o início desta etapa experimental. As partículas parecem estar unidas apenas pela prensagem e contêm um brilho e cor surpreendentes, exatamente como se pretendia.

Desta forma, procedeu-se à criação de peças através de um molde que conseguisse levar as partículas ao forno. Utilizou-se o forno de tratamentos térmicos com uma temperatura máxima de 1200°C (Termolab) como apresenta a figura 58. Este forno encontra-se nos laboratórios do departamento de Mecânica, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

As etapas gerais do processo de fabrico para a construção de botões consistem em:

- pesar as partículas da matéria-prima dentro de um copo de plástico;
- pré-ligar o forno de tratamentos térmicos a uma temperatura de 300°C para o PET Verde e Azul e 200°C para o PE;
- colocar a matéria-prima dentro do cilindro exterior de aço (Figura 59, A) e colocar a peça dentro do forno;

- abrir o forno com as luvas de proteção para verificar o estado do material plástico e utilizar o cilindro interior de aço para fazer pressão de forma manual (Figura 59, B);
- aguardar até que se atinja a temperatura indicada e o ponto de amolecimento do plástico desejado;
- depois de derretido deve-se desligar o forno e retirar o molde de aço;
- esperar que se atinja o arrefecimento para remover a peça do seu interior.



Fig. 58 Forno de tratamentos térmicos (T.max:1200°C), Termolab.



Fig. 59 Moldes de aço tratado: A) Cilindro exterior; B) Cilindro Interior; C) Base.

Com o uso do conjunto do molde de aço (Figura 59), utilizado para o propósito dos procedimentos experimentais e protótipos finais, foi possível aquecer as partículas de PET Azul/Verde e PE colocadas no interior do molde com o auxílio do cilindro interior. Todas as experiências realizadas com esse molde foram prensadas de forma manual com o auxílio da peça cilíndrica interior, sem a existência de uma pressão concisa, à exceção da última experiência realizada.



Fig. 60 Ejeção da peça: A) Perspetiva; B) Topo.

No fim de cada experiência, esperou-se aproximadamente 15 a 30 min para que a matéria-prima solidificasse totalmente e se conseguisse retirar de dentro do cilindro exterior. Através de umas luvas de proteção, a peça é retirada do molde para o arrefecimento como é apresentado na figura 60 (A, B). Desta forma, o molde é limpo para retirar o excesso de plástico que se mantenha agarrado ao mesmo, possibilitando a realização de novas experiências com o mesmo molde.

As figuras 61, 62, 63, 64 apresentam as várias experiências realizadas sobre este método com o PET Azul, Verde e o PE.



Fig. 61 Resultado de duas experiências após o arrefecimento com PET Azul: A) vista de topo; B) vista frontal.



Fig. 62 Resultado após o arrefecimento com PET Verde: A) vista frontal; B) Vista de Topo.



Fig. 63 Resultado após o arrefecimento com PE: Vista de topo.



Fig. 64 Resultados do PE.

Foram realizadas algumas experiências e a maioria apresentou resultados surpreendentes e bastante chamativos, devido à reação com o calor, o resultado do plástico é impressionante. As cores do plástico mantêm-se e o brilho é bastante similar aos seus cristais quando este se encontra na forma de granulado. O processo foi várias vezes repetido até atingir o resultado pretendido, de forma a que o plástico derretesse na sua totalidade. Para tal, foi necessário controlar a quantidade de matéria-prima dentro do molde, a temperatura do forno consoante o material e a pressão manual exercida durante o processo de execução no forno.

As imagens seguintes (Figuras 65, 66 e 67) apresentam o processo utilizado para realizar a ultima experiência para o fabrico de botões.

Foram utilizados pesos de aço em cima do molde de aço cilíndrico de modo a que houvesse uma compressão equivalente a 80 kg, para que se soubesse exatamente a pressão usada; esta pressão foi de $162,97 \text{ N/m}^2$. Apesar de este processo ter sido mais controlado, os resultados não foram muito satisfatórios uma vez que os granulados do PET não derreteram na sua totalidade, sendo necessário um maior período no forno, sem alteração da sua temperatura.



Fig. 65 A) Compressão equivalente de 80 kg; B) Resultado.

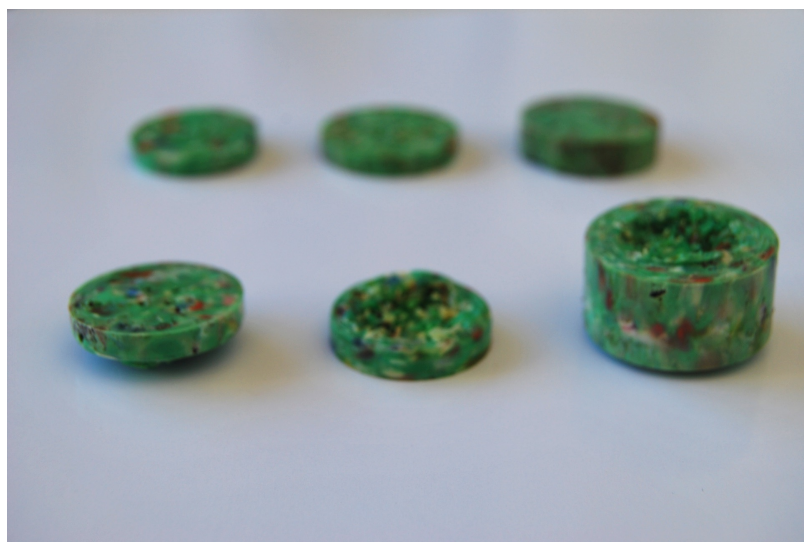


Fig. 66 Resultados após o corte.



Fig. 67 Interior com partículas de PET.

A tabela 8 apresenta as experiências realizadas sobre o presente caso de estudo. Houve uma constante preocupação com o controlo da temperatura para evitar que a matéria-prima queimasse. As partículas, principalmente do PET, são submetidas a um amolecimento lento e progressivo. São referidos: o material, o peso, a temperatura a que foi sujeito e o tempo que esteve dentro do forno.

Tabela 8 Experiências com botões

	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3*	Exp. 4*	Exp. 5*	Exp. 6	Exp. 7	Exp. 8*	Exp. 9	Exp. 10*	Exp. 11*	Exp. 12	Exp. 13**
Material	PET Verde	PET Verde	PE	PET Azul	PET Azul	PET Verde	PE	PE	PET Verde	PE	PET Verde	PET Verde	PET Verde
Peso (gr.)	5	5	6	7	7	7	7	8	7	7	8	10	15
Temp. (° C)	250 a 280	300 a 320	200 a 210	300	280 a 300	300 a 310	210	210	310	210	320	310	320
Tempo (min.)	45	45	45	60	80	75	20	30	60	30	60	60	60

*Exp.3: ver figura 60; *Exp.4 e 5: ver figura 61; *Exp.8 e 10: ver figura 63 e 64; *Exp.11: ver figura 62;

**Exp.13: ver figuras 65, 66 e 67

Foram realizadas duas experiências com o PET Azul cujos resultados não foram muito satisfatórios depois do arrefecimento. O material adquiriu um tom cinza quando os cristais derretem; se derreterem na sua totalidade, a matéria facilmente queima ou cria bolhas de ar no seu interior.

Realizaram-se mais opções dentro do PET Verde e do PE. Os resultados foram mais satisfatórios; as cores do granulado destacam-se mesmo quando completamente derretidas. As experiências com o PE foram melhor sucedidas, resultado das várias cores das tampas das garrafas e das anilhas. No entanto, em alguns casos a pressão não foi suficiente para evitar a formação de bolhas de ar no seu interior. Os melhores resultados são os assinalados com um asterisco (*) na tabela 8.

O processo pode ser melhorado com um controlo de temperatura mais rigoroso (através de um termopar) no molde de aço onde as partículas de PET/PE são aquecidas permitindo que o material comece a derreter e seja pressionado no momento certo em que a temperatura lhe confere um grau de amolecimento ideal.

5.4.2 Protótipos Botões

Depois de estudadas as possibilidades de execução da matéria-prima, passou-se à realização dos protótipos nas instalações do INEGI, utilizando o torno mecânico (Figura 68).

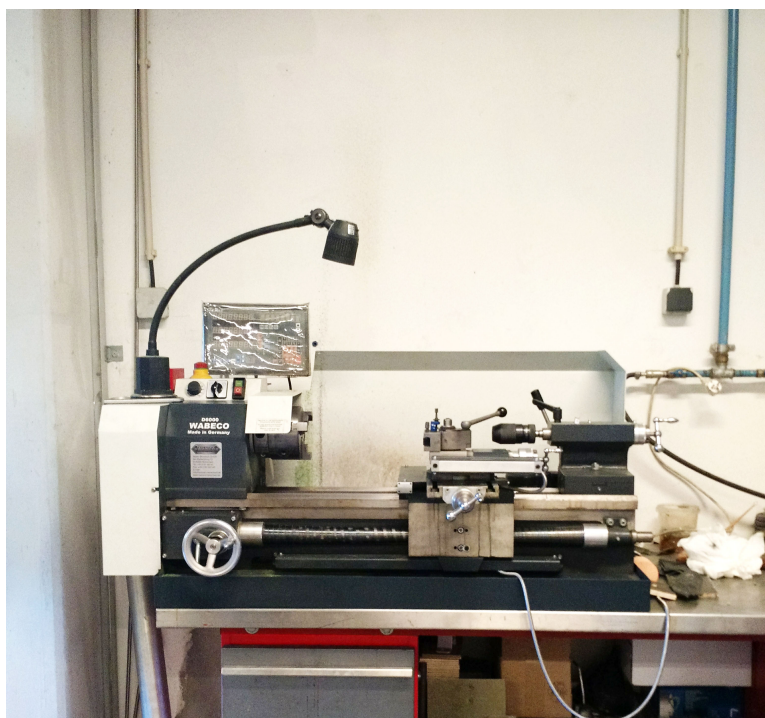


Fig. 68 Torno Mecânico do INEGI.

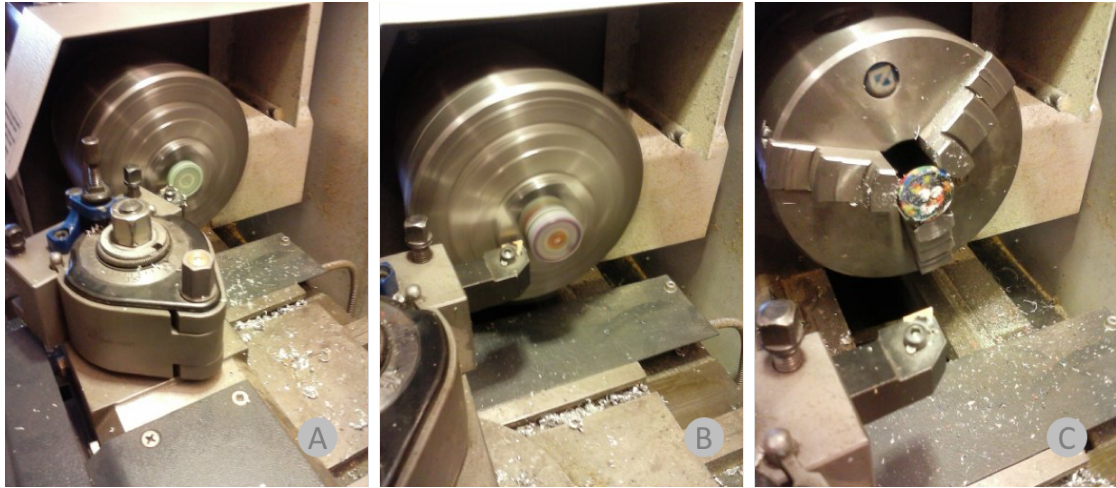


Fig. 69 Processo de Fabrico para Botões A, B e C.

O torno mecânico possibilitou o corte da peça dando a forma aos botões como se exemplifica na figura 69 (A, B, C).

Por fim, utilizou-se a máquina CNC (Figura 70) para a marcação dos quatro furos nos botões.

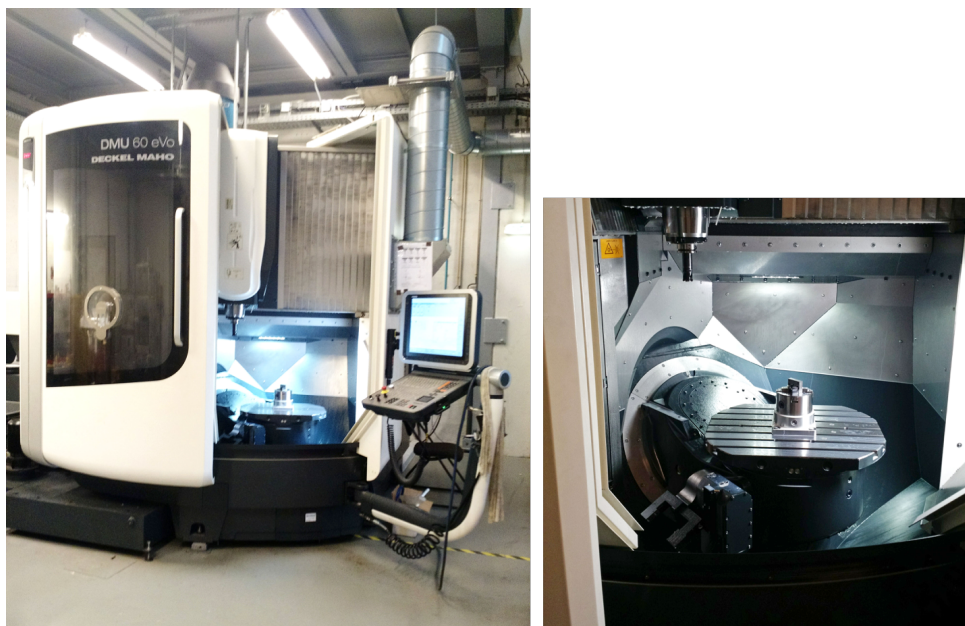


Fig. 70 Máquina CNC para finalização do botão.

Os resultados dos protótipos relativos ao PET Verde podem ser observados nas figuras 71 e 72. O diâmetro dos furos tem 2 mm e o diâmetro do botão tem 2 cm com uma espessura de 3 mm.



Fig. 71 Botão com PET Verde.



Fig. 72 Botão PET reciclado.

Os resultados obtidos dos protótipos relativos ao PE podem ser observados nas figuras 73 e 74. Os furos têm um diâmetro de 1 mm e o botão um diâmetro de 1,5 cm, com uma espessura de 3 mm.



Fig. 73 Botão com PE.



Fig. 74 Botão PE reciclado.

Os protótipos dos botões foram bem-sucedidos, dando possibilidade à criação de novos objetos. Esta matéria-prima pode ainda ser aplicada em inúmeros produtos de Design. Um desses exemplos está representado nas figuras 75, 76 e 77, onde se aproveitou material reciclado de telas de publicidade, obtido pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, para a criação de um conjunto de bolsas de vários tamanhos para fazer face às diferentes necessidades (exemplo: transporte de livros ou documentação), ao mesmo tempo que contribui para a redução do impacto ambiental.



Fig. 75 Tela com botão PET Verde.

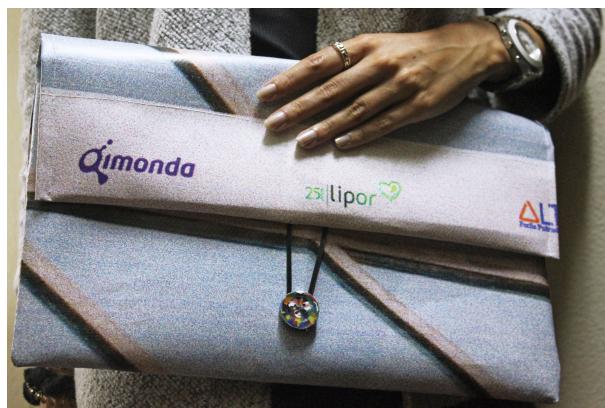


Fig. 76 Tela com botão PE.



Fig. 77 Resultados das bolsas com os botões.

No decorrer do protótipo de botões, criaram-se pequenos objetos de forma circular, constituindo medalhas para colares (Figuras 78 e 79).



Fig. 78 Colar com PET Verde.



Fig. 79 Colar com PE.

5.5 Caso de estudo 3

5.5.1 Processo de fabrico para os colares

A atividade experimental para o processo de fabrico de colares teve como objetivo principal, tal como no caso dos botões, a concretização de processos operacionais capazes de amolecer, por aquecimento, o PET e PE.

Para a sua conceção foi necessária a utilização de um aditivo. Esse aditivo é um biopolímero PLA (ácido poliláctico) que pode ser transformado de modo semelhante aos termoplásticos. O PLA usado era transparente da *Natureworks, Biopolymer 32510* (Figura 80). Algumas das características gerais mencionadas no software *CES Edupack* sobre o PLA são referidas na tabela 9.



Fig. 80 PLA.

Tabela 9 Propriedades do PLA (CESEdupack 2016).

Propriedades Gerais	
Densidade	1,24e3 kg/m ³
Preço	2,57 – 3,13 Eur/kg
Propriedades mecânicas	
Módulo de young	3,3- 3,6 GPa
Limites de elasticidade	55 – 72 MPa
Força de tracção	47 – 70 MPa
Força de compressão	66 – 86 MPa
Alongamento	3 – 6 % strain
Dureza - Vickers	17 – 22 HV
Ductibilidade	3 - 5 MPa.m ^{0.5}
Propriedades térmicas	
Ponto de fusão	145 – 177 °C
Temperatura de vitrificação	52 - 60 °C
Temperatura máxima de serviço	45 – 55 °C
Temperatura mínima de serviço	-20 - -10 °C
Condutividade térmica	0,13 – 0,16 W/m.°C
Capacidade de calor	1,18e3 – 1,21e3 J/kg. °C
Expansão do coeficiente térmico	126 - 145 µstrain/°C
Propriedades Eco	
Energia incorporada, produção primária	49 – 54,2 MJ/kj
Pegada CO ₂ , produção primária	3,43 – 3,79 kg/kg
Reciclável	sim

Começou por se derreter o material num púcaro obtido pelo INEGI (Figura 81) e colocou-se a matéria-prima de plástico ainda durante o processo de aquecimento. Este processo levou aproximadamente 25 minutos.

A mistura vazou-se depois sobre um molde de silicone com quadrados de 10 x 10 mm, pelo processo de compressão (com o auxílio da tampa, figura 82) e aguardou-se por um período de 15 minutos para o seu arrefecimento à temperatura ambiente.



Fig. 81 PLA derretido.

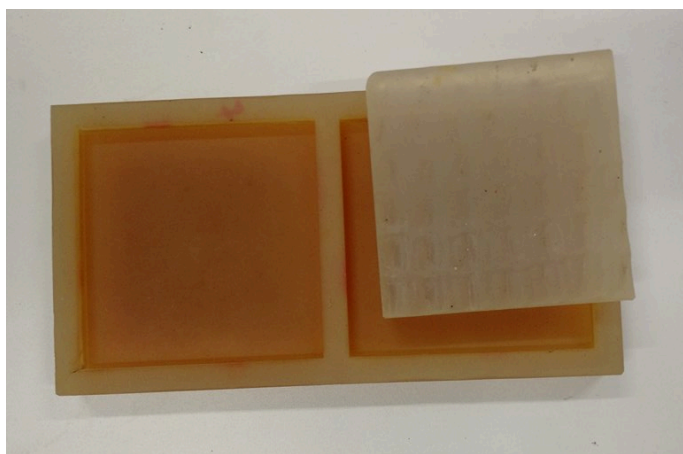


Fig. 82 Molde de silicone com quadrados de 10x10 mm.

As figuras 83 (A, B, C), 84, 85 e 86 (A, B, C, D) apresentam o resultado das diversas experiências efetuadas, de acordo com o material utilizado e as respectivas percentagens em cada caso, mencionadas na tabela 10.



Fig. 83 A) Exp.1; B) Exp.2; C) Exp.3.



Fig. 84 Exp.4: PET Verde.

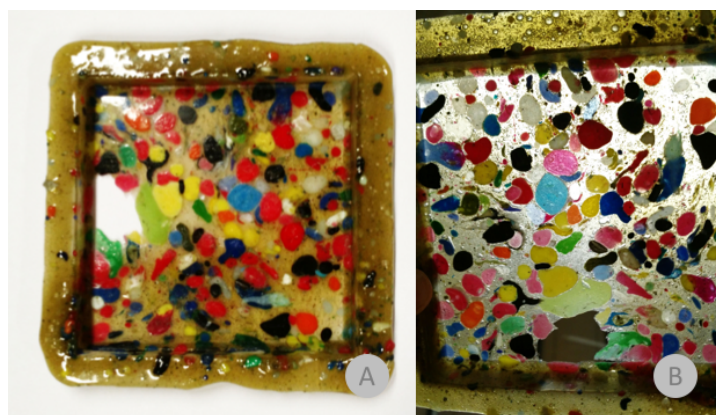


Fig. 85 A e B) Exp.5; PE com PLA transparente.

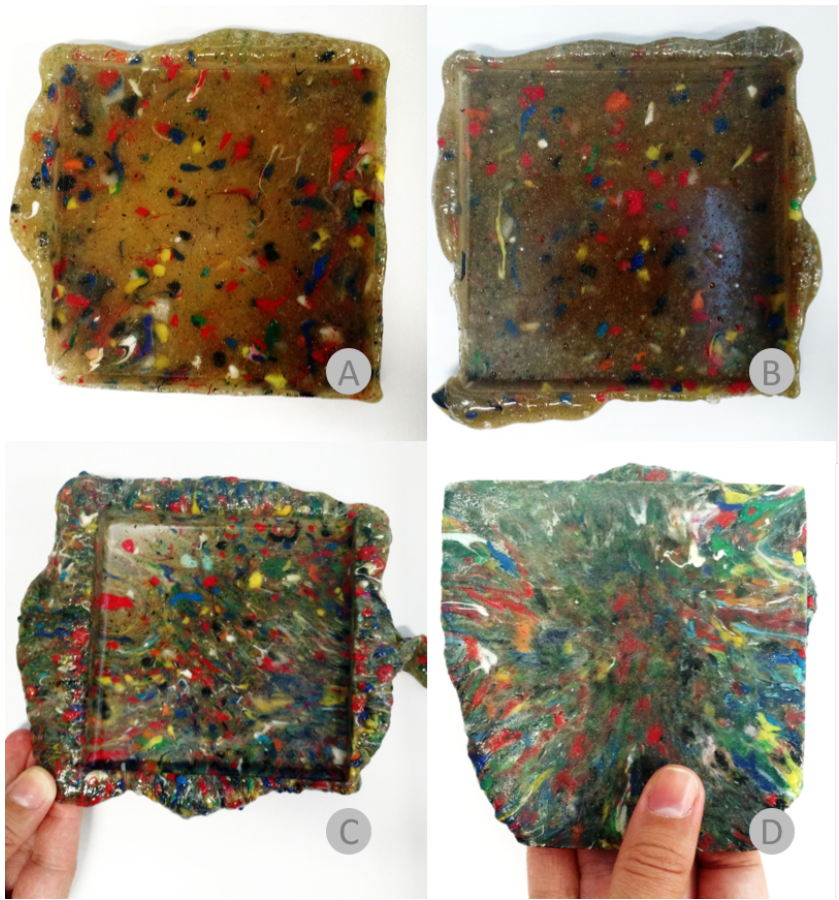


Fig. 86 Experiências com PLA: A)Exp.7; B)Exp.8; C)Exp.8; D)Exp.9

Tabela 10 Resultados obtidos com PLA.

	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6	Exp. 7	Exp. 8	Exp. 9
PLA(%)	80	65	50	40	80	90	85	70	40
PET (%)	-	-	50	60	-	-	-	-	-
PE (%)	20	35	-	-	20	10	15	30	60
Temp. (° C)	Apróx. 180-200								
Tempo (min.)	10-25								

5.5.2 Protótipos Colares

Os protótipos desenvolvidos foram realizados nas instalações da empresa *Designar*, que consistiram no corte de várias peças através da máquina Laser Speedy 300 Flexx da Trotec e da máquina Gerber Sabre 408 CNC Router (Figuras 87, 88).



Fig. 87 Corte por CNC.

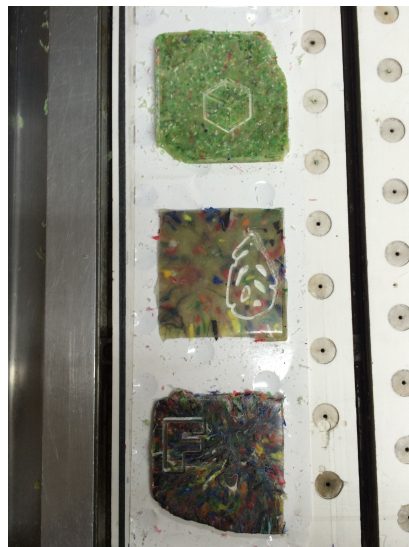


Fig. 88 Resultados do corte.

Os modelos finais são apresentados nas figuras seguintes (89, 90, 91, 92). A experiência 9 (Tabela 10) foi a que apresentou melhor resultado, dada a maior proporção de PE na mistura do produto, facilitando o processo de corte. Nas experiências onde o PLA predominou (Exemplo: Exp. 6 na tabela 10) verificou-se algum derretimento no momento do corte.



Fig. 89 Resultados: Colares.



Fig. 90 Folha.



Fig. 91 Letra F.



Fig. 92 Cubo.

É de realçar que todo o trabalho prático desenvolvido e descrito no presente capítulo surgiu no sentido de criar oportunidades de reutilização de um material reciclável, como é o plástico, e o seu uso na criação de novos produtos/protótipos úteis e de qualidade estética, assentes numa atitude sustentável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusões gerais

Este trabalho resultou de uma reflexão sobre a problemática da poluição dos plásticos, nomeadamente do PET e da sua reciclagem. Desta forma, o tema apresentado procurou estar ligado com a atualidade considerando o que o papel do design pode contribuir para a mudança da sociedade, preocupações ambientais e ecológicas, bem como questões que possam valorizar o produto e todo o seu processo de fabrico.

O plástico é um dos materiais mais preocupantes do lixo marinho dada a sua persistência e fragmentação em pequenas dimensões. O lixo marinho constitui, por sua vez, um problema social. A dificuldade em remover o lixo existente no fundo do mar, como redes de pesca presas a rochas e outros destroços, têm conduzido nos últimos anos a ações de sensibilização de limpezas de praia. A título de exemplo, vinte minutos foram suficientes para recolher o lixo apresentado na imagem abaixo (Figura 93).

Perceber o papel do design numa sociedade onde o consumo está em presente crescimento levou à criação de produtos através de material reciclado, dando um contributo positivo para o ecossistema. Foram considerados neste trabalho três casos de estudo, consistindo na criação de protótipos para produtos de Design com utilidade prática, tais como: havaianas, botões e colares.

Quanto ao primeiro caso de estudo, havaianas, os protótipos resultantes apresentaram alguns problemas, como a queda de pequenos fragmentos e algum desconforto durante a sua utilização. No segundo caso de estudo, botões, não foram utilizados aditivos, pelo que podem ser sempre reciclados, constituindo assim uma solução viável para a problemática dos plásticos. Os colares, terceiro caso de estudo, apesar de serem feitos com um aditivo, o mesmo é um termoplástico biodegradável, o que constitui uma vantagem.



Fig. 93 Lixo em praia portuguesa.

6.2. Perspetivas futuras

O desenvolvimento prático deste trabalho procurou trazer uma solução para a problemática dos plásticos, provenientes de embalagens PET, através da criação de novos produtos partindo desta matéria-prima.

De uma forma geral, para os casos de estudo analisados nesta dissertação poderiam ser encontradas novas formas de otimização do processo de fabrico, bem como seria interessante avaliar as características físicas e mecânicas dos protótipos finais desenvolvidos. Tais análises permitiriam tirar maior partido das potencialidades de cada um, bem como a aplicação dos mesmos para outros fins. Os resultados obtidos poderiam possivelmente ser aplicados em determinados produtos, como mobiliário urbano, jogos para crianças, indústria automóvel, entre outros.

Para o caso particular da havaiana era necessário um estudo mais aprofundado para tornar esta solução mais viável uma vez que os protótipos produzidos usaram uma borracha sintética e o silicone como aditivo.

BIBLIOGRAFIA

- Abiplast. 2015. Perfil 2014. Indústria Brasileira da Transformação de Material Plástico. Associação Brasileira da Indústria Plástica.
- APLM (Associação Portuguesa do Lixo Marinho). 2014. "Lixo Marinho". Acedido a 19 de Agosto 2016. <http://www.aplixomarinho.org/inscricao>.
- ASTM D7611. *Standard practice for coding plastic manufactured articles for resin identification*. Pennsylvania. <https://www.astm.org/COMMIT/d7611.pdf>.
- Bonsiepe, Gui. 1992. *Teoria e Prática do Design Industrial, Elementos para um manual crítico* Centro Português de Design
- C2C (Cradle to Cradle Products Innovation Institute). 2014. "Redefinindo a qualidade do produto". Acedido a 5 de Julho 2016. http://www.c2ccertified.org/resources/detail/cradle_to_cradle_certified_brochure.
- Cadete, Carla. 2015. "O papel do design como agente transformador ". *Revista Online do Curso de Design de Comunicação da ULP* no. 1:4-13.
- CESEdupack. 2016. Granta Design Limited
- Derraik, J.G.B. 2002. "The pollution of the marine environment by plastic debris: a review". *Marine Pollution Bulletin* 44:842-852.
- ECOIBERIA. 2016. Acedido a 3 de Março 2016. <http://www.ecoiberia.pt>.
- EFBW (European Federation of Bottled Waters). 2013. *The facts about PET*. Acedido a 9 de Setembro 2016. http://www.efbw.eu/fileadmin/user_upload/documents/Publications/Facts_about_PET_-_25_March_2013.pdf.
- Eriksen, Marcus, Laurent C. M. Lebreton, Henry S. Carson, Martin Thiel, Charles J. Moore, Jose C. Borerro, Francois Galgani, Peter G. Ryan e Julia Reisser. 2014. "Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea". *PLOS ONE*:1-15.
- Europe PETCORE. 2014. "Processing". Acedido a 5 de Abril 2016. <http://www.petcore-europe.org/processing>.
- Ferrão, Paulo, Paulo Ribeiro e Paulo Silva. 2005. *Ecologia Industrial e as Embalagens de Bebidas e bens Alimentares em Portugal*. 1ª ed. Oeiras, Portugal: Celta Editora.

- Franchetti, Sandra Mara M. e José Carlos Marconato. 2003. "Propriedades físicas dos polímeros na reciclagem". no. 18:42-45.
- Fuller, R. Buckminster. 1998. *Manual de Instruções para a Nave Espacial Terra* via optima.
- Geueke, Birgit. 2015. *FPF Dossier – Plastic recycling*. Food packaging forum. Acedido a 28 de Julho 2016. http://www.foodpackagingforum.org/wp-content/uploads/2015/11/FPF_Dossier08_Plastic-recycling.pdf.
- Geyer, B., G. Lorenz e A. Kandelbauer. 2016. "Recycling of poly(ethylene terephthalate) – A review focusing on chemical methods". *express Polymer Letters* no. 7 (10):559-586.
- Gomes, Daniel Duarte Townsend de Carvalho. 2011. "o r em design : a reutilização aplicada ao design". Mestrado em Design Industrial Universidade do Porto - FEUP.
- ILSI (International Life Sciences Institute). 2000. *1. Polyethylene Terephthalate (PET) for Food Packaging Applications*. Belgium. Acedido a 29 de Julho 2016. [http://www.pac.gr/bcm/uploads/1-polyethylene-terephthalate-\(pet\)-for-food-packaging-applications.pdf](http://www.pac.gr/bcm/uploads/1-polyethylene-terephthalate-(pet)-for-food-packaging-applications.pdf).
- Khoonkari, Mohammad, Amir Hossein Haghighi, Yahya Sefidbakht, Khadijeh Shekoohi e Abolfazl Ghaderian. 2015. "Chemical Recycling of PET Wastes with Different Catalysts". *International Journal of Polymer Science*:11.
- Lima, Carmen. 2014. "O problema da poluição do plástico e a necessidade de adotar hábitos mais sustentáveis". *Publico*. Acedido a 7-06-2016. <https://www.publico.pt/economia/noticia/o-problema-da-poluicao-do-plastico-e-a-necessidade-de-adotar-habitos-mais-sustentaveis-1662651>.
- LIPOR. 2009. "Guia para uma gestão sustentável dos resíduos". Acedido a 9 de Junho 2016 http://www.rcc.gov.pt/SiteCollectionDocuments/ManualAutarca_LIPOR.pdf.
- Maldonado, Tomás. 2009. *Design Industrial* Edições 70.
- Martinho, Maria da Graça e Sofia Alves Rodrigues. 2007. *História da produção e reciclagem das embalagens em Portugal* Edição conjunta da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e da Sociedade Ponto Verde.
- MBDC. 2013. *Cradle to Cradle Certified*. Acedido a 14 de Abril 2016. <http://s3.amazonaws.com/c2c->

- website/resources/certification/standard/C2CCertified_ProductStandard_V3.1_160107_final.pdf.
- NAPCOR (National Association for PET Container Resources). "PET basics". Acedido a 17 de Julho 2016. http://www.napcor.com/pdf/v4-11_NAPCOR_PET_Interactive.pdf.
- Orthodoxou, Demetra, Xenia I. Loizidou e Michael I. Loizides. 2014. *MARLISCO para Reduzir o Lixo Marinho: Inspire-se e Inove Através de Boas Práticas*. ISOTECH LTD.
- Papanek, Victor. 1995. *Arquitectura e Design. Ecologia e Ética*. Edições 70.
- Peneda, Constança e Rui Frazão. 1995. *Eco Design no desenvolvimento dos produtos*. Cadernos do INETI.
- Petra. 2015. "The Science Behind PET". Acedido a 6 de Maio. http://www.petresin.org/science_behindpet.asp.
- Plastic Europe. 2015. *Plastics - the facts 2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data*
- Plastic Soup (Foundation). 2016. "Consequences for the environment - Plastic Soup Foundation". Acedido a 20 de Maio 2016. <http://www.plasticsoupfoundation.org/en/consequences-for-the-environment/>.
- Plastics Recyclers Europe. 2016. "Mechanical Recycling". Acedido a 7 de Março 2016. <http://www.plasticsrecyclers.eu/mechanical-recycling>.
- PLASTVAL. 2008. "Valorização dos Resíduos de Plástico". Acedido a 20 de Março. <http://plastval.pt/index.asp?info=reciclagem/valorizacao>.
- Reis, Dalcacio. 2010. *Product Design, In The Sustainable Era*. Taschen
- Rosato, Dominick e Donald Rosato. 2003. *Plastics Engineered Product Design* Elsevier
- Silva, Lucas Filipe Martins da, Fernando Jorge Lino Alves e António Torres Marques. 2013. *Materiais de construção* Pubblindústria
- Smith, William F. 1998. *Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 3ª ed.: McGraW-HILL.
- Soares, Carla Nunes. 2010. "Gestão de Resíduos de PET: avaliação do processo de reciclagem mecânica no contexto da política de ambiente europeia.", Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade de Lisboa.
- Sobral, P., J. Antunes, M. Ferraz, F. Ferro, J. Frias, I. P. Raposo, S. Quaresma, P. Louro e M. Oliveira. 2015. *Lixo Marinho: um problema sem fronteiras. Parceria Portuguesa para o Lixo Marinho*. Monte de Caparica, Portugal.

- SPI. 2015. "About Plastics - SPI Resin Identification Code - Guide to Correct Use".
<http://www.plasticsindustry.org/AboutPlastics/content.cfm?ItemNumber=823&navItemNumber=2144>.
- Spinacé, Márcia Aparecida da Silva e Marco Aurelio de Paoli. 2005. "A tecnologia da reciclagem de polímeros". *Química Nova* no. 28,no1:65-72.
- Thompson, Rob. 2007. *Manufacturing processes for design professionals* Thames & Hudson
- . 2011. *The manufacturing guides Product and furniture design*. Thames & Hudson
- Wilcox, Chris, Nicholas J. Mallos, George H. Leonard, Alba Rodriguez e Britta Denise Hardesty. 2016. "Using expert elicitation to estimate the impacts of plastic pollution on marine wildlife". *Marine Policy* no. 65:107-114.

ANEXO A – Categorias do Lixo Marinho



Associação Portuguesa do Lixo Marinho

Por um Mar sem lixo!

FICHA LIXO MARINHO

Data:
Local/praias +GPS:
Distância percorrida 100m (se for mais indicar)

hora início:
hora fim:

Código MLW app:






Código	Categorias (lista MSFD – TGML 2013)	Número
	Polímeros artificiais sintéticos (plásticos)*	
G3	Sacos de plástico de compras incl. bocados	
G4	Sacos de plástico pequenos (pr ex. com fecho tipo zip)	
G6	Garrafas	
G7	Garrafa de bebida ≤0,5L	
G8	Garrafa de bebida >0,5L	
G9	Garrafas, recipientes de produtos de limpeza	
G10	Embalagens/recipientes de comida (plástico rígido semi-rígido)	
G11	Embalagens de brozeador/protector solar	
G18	Grades e cestos	
G21	Tampas de garrafas de bebidas	
G23	Tampas não identificadas	
G24	Argolas de tampas	
G26	Isqueiros	
G27	Filtros e pontas de cigarro (ex. beatas)	
G28	Canetas e tampas de caneta	
G29	Pentes, escovas, óculos de sol	
G30	Pacotes/embalagens flexíveis (batatas fritas, bolachas, pastilhas)	
G31	Paus de chupa-chupa	
G32	Brinquedos e artigos de festa	
G33	Copos e tampas de copos	
G34	Talheres de plástico	
G35	Palhinhas	
G37	Sacos em rede plástica	
G40	Luvas de uso doméstico	
G41	Luvas de uso profissional	
G42	Armadilhas para marisco	
G44	Covos para polvos	
G49	Cordas (diâmetro >1 cm)	
G50	Fios e cordas (diâmetro <1 cm)	
G53	Redes ou pedaços de redes de pesca (< 50cm)	
G55	Fio de pesca emaranhado	
G58	Caixas de peixe em esferovite	
G59	Fio de pesca (monofilamento)	
G60	Lightsticks	
G62	Bóias de redes (pesca)	
G66	Cintas, bandas	
G67	Filmes de plástico industrial	
G70	Cartuchos (espingarda)	
G71	Sapatos/chinelos	
G73	Espunja	
G74	Espunja de isolamento, embalagem	
G78	Pedaços de plástico < 2,5 cm	
G79	Pedaços de plástico > 2,5 cm e <50 cm	
G80	Pedaços de plástico > 50 cm	
G81	Pedaços de esferovite < 2,5 cm	
G82	Pedaços de esferovite >2,5 cm e <50 cm	
G83	Pedaços de esferovite >50 cm	
G91	Elementos (biomassa) de ETAR	
G92	Caixas de isco para a pesca	
G95	Paus de cotonete	
G96	Pensois higiénicos	
G98	Fraldas	
G99	Seringas e agulhas	
G100	Medicina e farmácia (embalagens soro, tubos etc)	
G101	Fezes de cão em saco	
G102	Chinelas de enfiar no dedo	
	Toalhetes (G96?)	

	Químicos*	
G212	Alcatrão	
G213	Cera	
	Têxteis*	
G137	Roupa e bocos (vestuário, toalhas, chapéus)	
G138	Sapatos e sandálias (pele, têxtil)	
G141	Alcatifa, carpetes	
G142	Corda, fio, rede	
G144	Tampões e aplicadores	
G145	Outros têxteis (incluindo bocados)	
	Vidro/cerâmica*	
G200	Garrafas incl. fragmentos	
G201	Frascos incl. fragmentos	
G202	Lâmpadas (não fluorescentes)	
G204	Resíduos de construção (tijolo, cimento, canos)	
G208	Fragmentos de vidro ou cerâmica >2,5 cm	
	Metal*	
G174	Sprays	
G175	Latas de bebidas	
G176	Latas de comida	
G177	Alumínio (folha)	
G178	Tampas, argolas	
G182	Material da pesca (chumbos, anzóis)	
G191	Arame	
G194	Cabos eléctricos	
G198	Outras peças metálicas <50 cm (Anel)	
	Papel cartão*	
G146	Papel/cartão	
G150	Embalagens/Tetrapacks (leite)	
G151	Embalagens/Tetrapacks (outros)	
G152	Maços de tabaco	
G153	Copos, embalagens de comida	
G154	Jornais e revistas	
G156	Papel (fragmentos)	
G158	Outros itens de papel (lenços)	
	Borracha*	
G125	Balões	
G131	Fita, cinta	
G133	Borracha de isolamento	
	Madeira processada*	
G159	Cortiça (rolhas, pedaços)	
G161	Tábuas, pedaços	
G165	Paus de gelado, palitos, utensílios	
G166	Pinceis	
G167	Fósforos, foguetes	
G171	Outros <50 cm	
G172	Outros >50 cm	
	Carvão	
	OUTROS*	
G215	Restos de comida	
G216	Lixo indefinido	

* Acrescentar linhas descrevendo o item sempre que necessário

NOTAS E OBSERVAÇÕES

ANEXO B – Ficha técnica do PE

	FICHA TÉCNICA	Art.º. CAPS REGRIND 6600/6660	
		Date: 22/04/2016	Edition: 00
PE/PP CAPS REGRIND Recycled Caps Regrind			
Propriedades	Metodologia	Unidades	Especificações
PHYSICAL PROPERTIES Dimensões partículas Humidade	Interno Interno - baseado na UNI 10667-9 : 2011	mm %	95% > 2 mm ≤ 0,5
CONTAMINAÇÕES FÍSICAS Metals Etiquetas papel, cartão Etiquetas plásticas Inertes (madeira, pedras...) PET flakes	Interno - baseado na UNI 10667-2 : 2011 Interno - baseado na UNI 10667-2 : 2011 Interno - baseado na UNI 10667-2 : 2011 Interno - baseado na UNI 10667-2 : 2011 Interno - baseado na UNI 10667-2 : 2011	ppm ppm % ppm %	≤ 25 ≤ 10 ≤ 1 ≤ 25 ≤ 3
<p>As informações e valores especificados nesta publicação baseiam-se no melhor conhecimento disponível à empresa.</p> <p>Todas as informações fornecidas não implicam garantia o compromisso por parte da empresa. As informações são indicativas e não comprometem contratualmente.</p> <p>Dados e informações contidos neste documento não isentam o utilizador do executar os próprios testes para verificar a adequabilidade do produto.</p> <p>O tom da cor do produto pode variar sem aviso prévio</p>			
<div style="text-align: right;">  <p> ESTRADA NACIONAL 2045 LUSAR DE PENHO, AVICOS 4750-778 V.N. FAMILIAR PORTUGAL T +351 262 372 460 F +351 262 372 464 INFO@ECOIBERIA.PT WWW.ECOIBERIA.PT </p>    </div>			

